

КОСМИЧЕСКИЕ СКАФАНДРЫ РОССИИ



**И. П. Абрамов, М. Н. Дудник, В. И. Сверщек,
Г. И. Северин, А. И. Скуг, А. Ю. Стоклицкий**

***КОСМИЧЕСКИЕ
СКАФАНДРЫ
РОССИИ***



**ОАО Научно-производственное предприятие «Звезда»
Москва, 2005**

УДК 629.7
ББК 39.66
А161

**Абрамов И. П., Дудник М. Н., Сверщек В. И., Северин Г. И.,
Скуг А. И., Стоклицкий А. Ю.**

А161 Космические скафандры России. — М., 2005. — 360 с.: ил.

ISBN 5-7368-0285-6

Книга посвящена истории разработки советских/российских космических скафандров, начиная со скафандра Ю.А. Гагарина, совершившего первый в мире космический полет, до скафандров орбитального базирования, в которых осуществлялись многократные выходы в открытый космос экипажами орбитальных станций.

В книге излагается также история создания скафандра для первого выхода в открытый космос А. Леонова, советского лунного скафандра, спасательных скафандров кораблей «Союз», «Буран» и ряда других изделий.

Неотъемлемой частью истории создания космических скафандров является деятельность научно-производственного предприятия «ЗВЕЗДА» и его коллектива.

Книга рассчитана на специалистов, работающих в области пилотируемых полетов и систем жизнеобеспечения космонавтов, а также будет полезна всем интересующимся историей космонавтики.

На первой странице обложки: космонавты В.М. Афанасьев и С.В. Авдеев проводят эксперимент в открытом космосе по разворачиванию антенны «Рефлектор» (29.07.1999 г., ОС «Мир»).

На последней странице обложки: один из вариантов эмблемы, пришиваемой к космическому снаряжению, изготавливаемому на «НПП ЗВЕЗДА».

На развороте: А.А. Серебров в скафандре «Орлан-ДМА» с установкой перемещения и маневрирования в открытом космосе (01.02.1990 г., ОС «Мир»).

ISBN 5-7368-0285-6

© Коллектив авторов, 2005

Содержание

Содержание	3
Предисловие	5
От авторов	7
Глава 1. Введение. Основные предпосылки	11
Глава 2. Происхождение скафандров — докосмическая эра	15
2.1. Скафандры для полетов в стратосфере	15
2.2. Авиационные скафандры	20
2.3. Оборудование для исследования жизнедеятельности животных в космических полетах	37
Глава 3. Эра <i>Восток</i>	43
3.1. Начало работ	43
3.2. Первые космические скафандры кораблей <i>Восток</i>	49
3.3. Система жизнеобеспечения космонавта в скафандре СК-1	63
3.4. Скафандр СК-2	66
Глава 4. Скафандр и оборудование для первого в мире выхода в открытый космос	71
4.1. Введение	71
4.2. Оборудование для первого выхода в открытый космос	72
4.3. Полет корабля <i>Восход-2</i>	87
Глава 5. Скафандр для выхода в космос из КК <i>Союз-4</i> и <i>Союз-5</i>	93
5.1. Введение	93
5.2. Скафандр ЯСТРЕБ для программы « <i>Союз</i> »	93
5.3. Полет кораблей <i>Союз-4</i> и <i>Союз-5</i>	105
Глава 6. Скафандры для советской лунной программы	111
6.1. Экспериментальный скафандр СКВ	111
6.2. Скафандры типа КРЕЧЕТ и ОРЛАН по программе ЛЗ	118
6.3. Скафандр ОРЕЛ	134
Глава 7. Спасательные скафандры СОКОЛ-К и СОКОЛ КВ-2 кораблей <i>Союз</i>	137
7.1. Введение	137
7.2. СОКОЛ-К	137
7.3. СОКОЛ-КМ	146
7.4. СОКОЛ-КВ	149
7.5. Скафандр типа СОКОЛ для программы <i>Алмаз</i>	151
7.6. СОКОЛ КВ-2	153
Глава 8. Скафандры орбитального базирования типа ОРЛАН	161
8.1. Краткая историческая справка	161
8.2. Конструктивные особенности и отработка скафандров типа ОРЛАН	166
8.3. Модификация скафандров в период их эксплуатации на орбитальных станциях <i>Салют</i> , <i>Мир</i> и <i>МКС</i>	175
8.4. Скафандры для тренировок экипажей	194
8.5. Некоторые результаты эксплуатации скафандров типа ОРЛАН	198

Глава 9. Оборудование для перемещения и маневрирования космонавтов	213
9.1. Разработка первых двигательных установок	213
9.2. Установка для перемещения и маневрирования космонавта орбитальной станции <i>Мир</i>	217
9.3. Установка самоспасения космонавта	228
Глава 10. Многоцветная космическая система <i>Буран</i>	233
10.1. Введение	233
10.2. Создание индивидуальной системы обеспечения жизнедеятельности (ИСОЖ)	234
10.3. Устройство бортовой части ИСОЖ	236
10.4. Спасательный скафандр СТРИЖ	238
Глава 11. Российско-европейский скафандр для ВКД	245
11.1. Введение	245
11.2. Разработка концепции совместного скафандра EVA-2000	254
11.3. Российско-европейский скафандр СК ВКД-2000	260
Глава 12. Физиологические аспекты конструирования скафандров для внекорабельной деятельности	273
12.1. Давление и состав атмосферы скафандра	273
12.2. Тепловые условия	278
12.3. Эргономика скафандра	280
Глава 13. Перспективные проекты планетарных скафандров для Луны и Марса	283
13.1. Введение	283
13.2. Некоторые проблемы создания планетарных скафандров	284
13.3. Разработка концепции оболочки и конструкции компонентов марсианского скафандра	290
Глава 14. Создатели советских/российских космических скафандров	293
14.1. Научно-производственное предприятие Звезда	293
14.2. Участники создания советских/российских космических скафандров	298
Глава 15. Статистика использования космических скафандров	313
15.1. Судьба космических скафандров	313
15.2. Местонахождение скафандров-экспонатов	315
Приложение 1. Статистика по выходам в открытый космос в советских/российских скафандрах (на 15.09.2004 г.)	317
Приложение 2. Основные характеристики скафандров типа ОРЛАН	329
Приложение 3. Краткие сведения о советских/российских скафандрах	331
Скафандры СК-1 и СК-2 для кораблей <i>Восток</i>	332
Скафандр БЕРКУТ для корабля <i>Восход-2</i>	333
Скафандр ЯСТРЕБ для кораблей <i>Союз-4</i> и <i>Союз-5</i>	334
Полужесткий скафандр СКВ	335
Полужесткий лунный скафандр КРЕЧЕТ	336
Лунный скафандр мягкого типа ОРЕЛ	337
Орбитальный скафандр ОРЛАН для лунной программы	338
Скафандр ОРЛАН-Д для орбитальной станции <i>Салют</i>	339
Скафандр ОРЛАН-ДМ для орбитальных станций <i>Салют</i> и <i>Мир</i>	340
Скафандр ОРЛАН-ДМА для орбитальной станции <i>Мир</i>	341
Скафандр ОРЛАН-М для орбитальной станции <i>Мир</i> и международной космической станции (МКС)	342
Скафандр СК ВКД-2000 для космического корабля <i>Гермес</i> и орбитальной станции <i>Мир-2</i>	343
Спасательный скафандр СОКОЛ-К для корабля <i>Союз</i>	344
Спасательный скафандр СОКОЛ-КВ	345
Спасательный скафандр СОКОЛ КВ-2 для кораблей <i>Союз-Т</i> , <i>Союз-ТМ</i> , <i>Союз-ТМА</i>	346
Спасательный скафандр СТРИЖ для многоцветного космического корабля <i>Буран</i>	347
Приложение 4. Список сокращений	349
Литература	353

Предисловие

Ко времени опубликования этой книги со дня первого в мире пилотируемого полета в космос прошло более 40 лет. С того времени космонавтика в Советском Союзе, а позже в Российской Федерации, прошла долгий путь от короткого полета Гагарина, сделавшего один оборот вокруг Земли, до многолетней работы экипажей на пилотируемых орбитальных станциях. Важная роль в повышении эффективности применения дорогостоящих пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций, а также в обеспечении безопасности человека при космических полетах принадлежит космическим скафандрам. Они являются основным средством обеспечивающим выполнение экипажем работ вне корабля в открытом космическом пространстве, а также средством спасения космонавтов при аварийной разгерметизации кабины летательного аппарата.

Опыт эксплуатации орбитальных станций *Салют*, *Мир* и *МКС* подтвердил высокую эффективность использования скафандров при сборочных, ремонтных и профилактических работах на внешней поверхности этих станций, проводимых с целью поддержания их в работоспособном состоянии на протяжении многих лет.

Эта книга посвящена истории разработки Советских/Российских скафандров, истории, неотъемлемой частью которой является деятельность **научно-производственного предприятия «ЗВЕЗДА»** (ОАО «НПП Звезда», далее по тексту просто Звезда) и его коллектива.

НПП Звезда было организовано в 1952 году (под названием «Завод № 918») как головное предприятие для создания средств обеспечения безопасности экипажей скоростных и высотных самолетов. С началом космических полетов Звезда приступила к разработке соответствующего оборудования, в частности скафандров, и для космонавтов.

Авторы книги непосредственно участвовали в работах по созданию всех советских/российских космических скафандров, начиная со скафандра для первого полета в космос. Большинство из них и сейчас работают на Звезде на ведущих должностях.

История создания скафандров тесно связана со многими известными как первые в мировой практике события в космонавтике, такими как полет Юрия Гагарина в 1961 году, первый «выход» в открытый космос Алексея Леонова в 1965 году, переход из одного космического корабля в другой

через открытый космос космонавтов Евгения Хрунова и Алексея Елисеева в 1969 году или использование полужесткого скафандра орбитального базирования для ВКД на орбитальных станциях *Салют* и *Мир* в 80–90-х годах прошлого века. Внекорабельная деятельность многих экипажей на орбитальной станции *Мир* заслуживает особо высокой оценки. Имея 3-х летний расчетный ресурс, станция эксплуатировалась более 15 лет. В течении этого срока в основном для поддержания станции в работоспособном состоянии было выполнено 78 выходов 2-х космонавтов. Общее время работы в открытом космосе составило более 360 час. В книге описываются также история создания скафандров для первого пилотируемого полета на Луну, которые не были использованы из-за закрытия Советской лунной программы, спасательных скафандров типа СОКОЛ кораблей *Союз*, скафандров для многоразового корабля *Буран* и для Международной Космической станции.

Представляемый материал позволяет в достойной мере оценить одну из важных составляющих истории осуществления Советских/Российских космических программ.

Следует отметить, что данная книга является первой публикацией в России, специально посвященной истории создания советских/российских космических скафандров, хотя некоторые из приводимых фактов могли быть частично затронуты в других работах, посвященных развитию космонавтики. Материал книги охватывает историю космических скафандров в период с 1959 по 2004 год.

Большая часть материалов, приводимых в данной книге, была в 2003 году опубликована авторами на английском языке в издательстве Springer-Praxis (Великобритания) под названием «Russian Spacesuits».

Издание книги на английском языке было осуществлено во многом благодаря усилиям и настойчивости нашего коллеги, соавтора и друга доктора А.И. Скуга. В 1989–90 гг. доктор Скуг, работая на фирме Astrium GmbH (бывшей «Дорнье») во Фридрихсгафене (Германия) был одним из главных инициаторов и организаторов проведения совместных работ по скафандрам компаниями Западной Европы со Звездой сначала по программе *Гермес*, а затем по совместной разработке (под эгидой ESA и РКА) российско-европейского скафандра нового поколения для ВКД. Длительное время он был менеджером этих программ со стороны Западной Европы.

Российский вариант книги выпускается с некоторыми сокращениями и уточнениями.

Данная книга, по нашему мнению, будет интересна и полезна для специалистов, работающих в области пилотируемых космических полетов, а также для всех интересующихся историей космонавтики.

Г.И. Северин, Академик РАН, профессор.

От авторов

С целью лучшего понимания приводимого материала авторы сочли полезным заранее сделать некоторые разъяснения. Данная книга охватывает период истории создания космических скафандров в нашей стране, большая часть которого приходится на эру Советского Союза.

К сожалению, из-за существовавшей в первые десятилетия после 2-ой Мировой войны секретности никаких открытых записей и публикаций не производилось. Многие из документов были выпущены в малом количестве экземпляров, а значительная часть архивных материалов не сохранилась. Эти обстоятельства не позволяют и сейчас досконально описать ряд подробностей. Поэтому некоторые даты и детали событий приводятся лишь по памяти живых участников событий и могут иногда несколько отличаться от уже опубликованных воспоминаний других авторов по космонавтике. А что касается постановлений правительства на различных уровнях, они не публиковались вообще, и даже их официальные названия с официальными номерами не были доступны для общественности. Правительственные постановления и решения в промышленности в основном известны по дате выхода, а не по номеру. Поэтому авторы этой книги договорились использовать только тематику (названия) и даты всех официальных правительственных документов, а номера используются только, если авторы сами могут проверить их по открытой документации или по ссылке на источники, опубликованные в Советском Союзе или РФ.

В настоящей книге под «Постановлениями правительства» понимаются, как правило, Постановления Совета Министров и ЦК КПСС, а под «Решениями правительства» или просто «Решениями» — Решения комиссии по военно-промышленным вопросам при Совете Министров СССР.

В связи с тем, что некоторые из часто применяющихся терминов трактуются в отдельных случаях по разному (особенно в США и Европе) приведем принятые нами некоторые из часто встречающихся определений по скафандрам (СК).

Космические скафандры — общий термин для оборудования, обеспечивающего защиту космонавтов от внешней среды и их жизнеобеспечение во время какой-либо части космического полета и включающего собственно оболочку скафандра и элементы СОЖ, размещенные на ней. Космические СК подразделяются на:

- **спасательные скафандры**, которые используются для защиты космонавтов внутри герметичной кабины космического корабля в случае ее разгерметизации или нарушения работы бортовой СОЖ. Эти скафандры нацелены на безопасность и спасение космонавтов в дополнение к защите, обеспечиваемой системами кабины космического корабля. Они в основном зависят от бортовых систем по расходным материалам и имеют, как правило, минимальную массу. Спасательные скафандры позволяют экипажу заниматься своей профессиональной деятельностью (управление кораблем и т.п.) как при штатном полете, так и в аварийной ситуации. К скафандрам этого типа относятся скафандры кораблей Восток, Союз (типа СОКОЛ) и Буран (СТРИЖ);
- **скафандры ВКД** (для внекорабельной деятельности, EVA), которые предназначены для работы за пределами станции или транспортного корабля в условиях нулевой гравитации. Эти скафандры полностью или почти полностью автономны в эксплуатации и рассчитаны на высокую подвижность под избыточным давлением и обеспечение полной защиты человека в открытом космосе. К скафандрам этого типа относятся российские скафандры БЕРКУТ (*Восход-2*), ЯСТРЕБ (*Союз*) и ОРЛАН. Указанные скафандры могут использоваться и для работ в шлюзе, а также при необходимости внутри других разгерметизированных отсеков станции. Скафандр БЕРКУТ (*Восход-2*) был фактически универсальным и использовался также в качестве спасательного;
- **лунные скафандры** — это автономные скафандры для ВКД в условиях Луны (1/6 ед.). К скафандрам этого типа относятся скафандры КРЕЧЕТ и ОРЕЛ. Для работы на других планетах могут использоваться так называемые планетарные скафандры.

В западной терминологии используется также термин — скафандры IVA (скафандры для внутрикорабельной деятельности), которые предназначены для работы внутри корабля или модуля станции в условиях полного или частичного вакуума. В России под скафандрами для внутрикорабельной деятельности понимаются вышеуказанные спасательные скафандры, которые не препятствуют их профессиональной деятельности внутри герметичной кабины корабля и позволяют выполнять функции по его управлению в случае разгерметизации кабины (находясь на своем штатном рабочем месте). Поэтому термин «скафандр для внутрикорабельной деятельности» (IVA) практически не используется в этом тексте. После одной из аварий на борту *Мира* и необходимости проведения работ в разгерметизированном модуле станции было решено выполнить эти работы с помощью уже имеющихся на борту скафандров ВКД ОРЛАН-ДМА и ОРЛАН-М. В этой функции скафандр ВКД практически использовался как скафандр для внутрикорабельной деятельности (IVA).

Авторы не ставили своей целью описать технические подробности каждого из созданных изделий. Особенности их устройства даются лишь с целью разъяснения позиций разработчиков и заказчиков изделий, логики выбора той или иной системы и соответствия их требованиям соответствующей космической программы.

Также следует отметить, что первые подробности по конструкции и характеристикам советских космических скафандров были опубликованы в Советском Союзе лишь в 1970 году. Реальные фамилии разработчиков этих скафандров появились в статьях и докладах практически лишь в 80-х годах.

Дополнительная информация по конструкции СК и СОЖ (теоретическая и практическая) может быть найдена в книгах [Алексеев и др., 1973], [Абрамов и др., 1984], а также в ряде статей и докладов на симпозиумах и конференциях, сделанных авторами и другими сотрудниками Звезды в последние годы (см. список литературы).

В книге в основном использованы иллюстрации и фотоматериалы из архивов Звезды и авторов. Для отдельных рисунков использовались также копии ранее опубликованных фотоматериалов фотохроники ТАСС и других Государственных учреждений, а также съемки космонавтов в процессе космических полетов.

Авторы благодарны всем сотрудникам Звезды, которые оказывали помощь в подборе материала и ценными советами, а также за помощь в оформлении текста и иллюстраций.

Авторы также благодарны С. Шершакову, взявшему на себя труд по верстке материала книги.

Глава 1

Введение. Основные предпосылки

Практически почти с первых лет своего существования одновременно с работами по авиационной тематике Звезда (в то время завод № 918) включилась в работы по обеспечению безопасности будущих космических полетов в части создания средств жизнеобеспечения и спасения пилотов при полетах на больших скоростях и высотах.

Космическое скафандростроение в Советском Союзе создавалось не на пустом месте. На начальном этапе использовался большой опыт разработки авиационного снаряжения, скафандров и систем жизнеобеспечения для летчиков и астронавтов, в том числе опыт, накопленный на Звезде с момента ее создания в 1952 году.

Хотелось бы отметить несколько особенностей развития нашего скафандростроения. В первую очередь, это его зависимость от принятых или планируемых космических программ.

Разработка того или иного изделия и систем жизнеобеспечения в советское время осуществлялась, как правило, на основании Постановлений ЦК КПСС и Совета Министров СССР, принимаемых для соответствующих космических программ. И во время «космического соперничества» время от принятия решения до запланированного запуска космического корабля обычно было очень коротким.

Отдельные исследования и разработки проводились на Звезде и по собственной инициативе за счет бюджетных средств, выделяемых Министерством авиационной промышленности, которому подчинялось в то время предприятие.

Направления космических программ и сроки их реализации часто определялись с учетом соревнования нашей страны с США, о чем довольно подробно пишет в своей книге «Ракеты и люди» Б. Е. Черток, [1996].

Там же приводятся факты, связанные с переходом к работе над орбитальными станциями (задержка с программой Н1-ЛЗ, соревнование между С. П. Королевым и предприятием Главного конструктора В. Н. Челомея и т. д.). Много исторических фактов приводится также в книге «РКК Энергия им. С. П. Королева, 1946–1996» [Семенов, 1996].

Основным разработчиком программ пилотируемых космических полетов в Советском Союзе и затем в России и, соответственно, заказчиком космических скафандров являлось ОКБ-1 (Главный конструктор до 1966

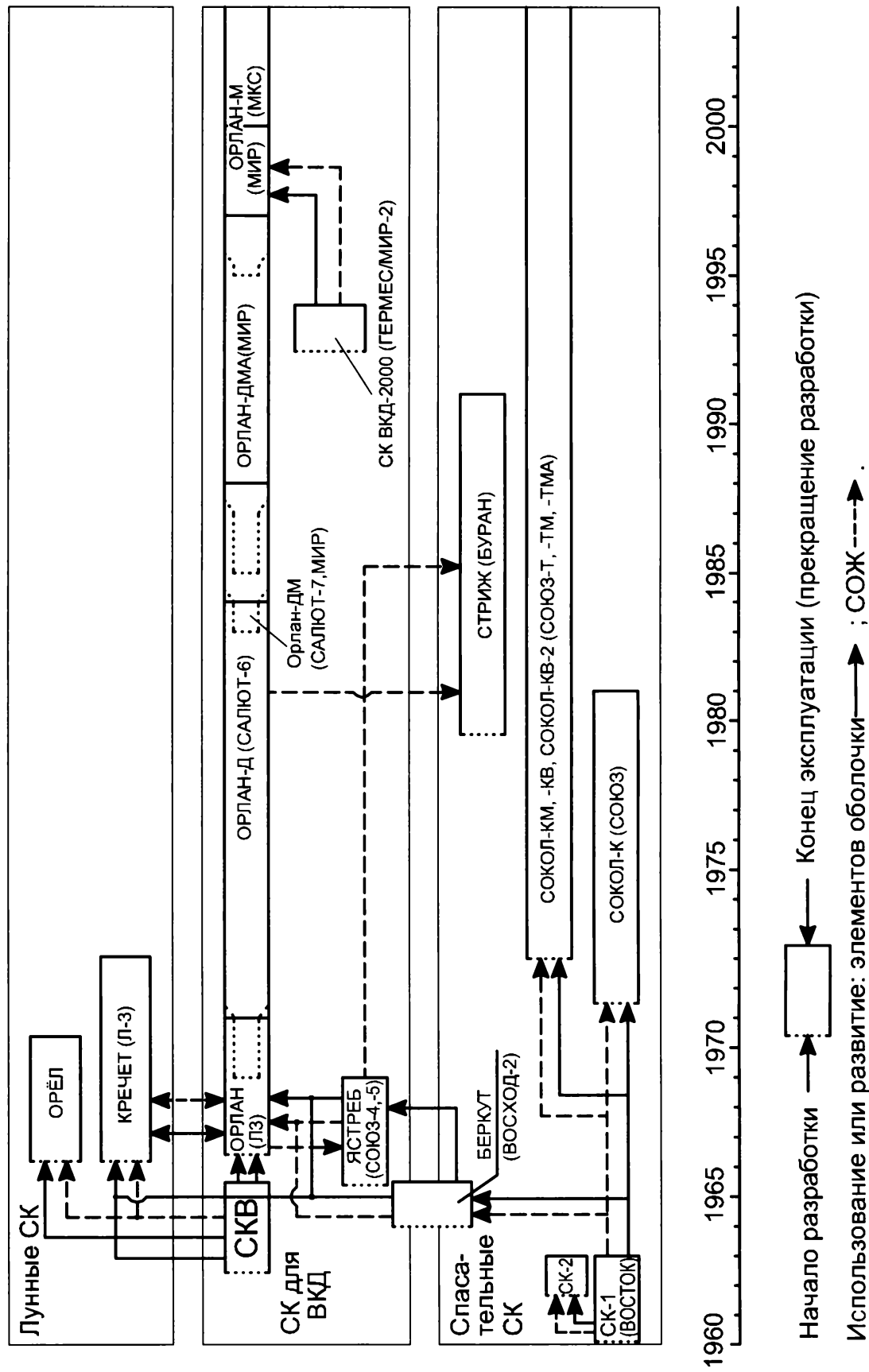


Рис. 1-1. Структура исторических связей при разработке советских/российских космических скафандров

года — С. П. Королев), которое затем несколько раз переименовывалось и в настоящее время называется РКК Энергия.

Проводились работы по скафандрам и бортовым СОЖ и для предприятия НПО «Машиностроение» В. К. Челомея, однако практической реализации они не получили, поскольку программы были прекращены на этапе проектирования или этапе испытаний.¹

Разработка скафандров и СОЖ для многоразового корабля *Буран* проводилась по заказу НПО Молния (Главный конструктор Г. Е. Лозино-Лозинский).

Выбор концепции скафандра для очередной космической программы часто определялся путем выбора оптимального варианта, который, с одной стороны, удовлетворял бы задачам планируемой программы и, с другой стороны, мог бы быть создан в заданные сроки. А это, как правило, требовало использовать уже накопленный опыт по другим программам и результаты проведенных к этому времени исследований (в основном из-за короткого времени разработки) и не было полностью естественной эволюцией семейства скафандров.

Таким образом, создавались скафандры и системы для кораблей *Восток* (скафандры СК-1 и СК-2), *Восход-2* (СК БЕРКУТ для выхода в открытый космос), *Союз-4/5* (СК ЯСТРЕБ с ранцевой системой РВР-1П), *Союз* (СК типа СОКОЛ), *Буран* (СК СТРИЖ) (рис. 1.1).

Пожалуй, лишь семейство скафандров типа КРЕЧЕТ и ОРЛАН и их систем первоначально разработанное применительно к лунной программе Л-3, затем последовательно шаг за шагом модифицировалось (по своим эксплуатационным характеристикам) для использования на орбитальных станциях *Салют-6*, *Салют-7*, *Мир* и *МКС* и, таким образом, стало первой эволюцией скафандров.

Описанные в данном труде работы выполнялись, в первую очередь, большим коллективом конструкторов, научных работников, рабочих и испытателей предприятия Звезда.

Имеются ссылки также на другие институты, организации и субконтракторы, поскольку разработка космических скафандров была составной частью советской пилотируемой космической программы.

Общее руководство работами по созданию космических скафандров осуществлялось до 1964 года Главным конструктором предприятия Семёном Михайловичем Алексеевым и с 1964 года по настоящее время сначала Главным конструктором, а затем Генеральным директором — Генеральным конструктором Гаём Ильичом Севериным.

Практическое руководство работами по отдельным темам и изделиям осуществлялось соответствующими ведущими конструкторами, фамилии которых приводятся ниже по мере изложения текста.

¹ Звезда участвовала в двух основных программах, проводимых НПО «Машиностроение»: облет вокруг Луны, прекращенный на стадии предварительного проекта и использование скафандра ОРЛАН на орбитальной станции *Алмаз*, остановленной в начале испытаний скафандра в шлюзе.

Комплексное решение поставленных задач, когда под единым руководством осуществлялось проектирование изделий, их экспериментальная отработка, изготовление и эксплуатация, позволяло создавать изделия на уровне лучших мировых достижений.

В то же время полученные результаты Звезда не может считать исключительно своей заслугой. В создании изделий большой вклад вносили многие научные, проектно-конструкторские и производственные коллективы.

Прежде всего, это основные заказчики — разработчики космических кораблей, медики, космонавты, разработчики и изготовители ряда агрегатов и элементов скафандров.

Происхождение скафандров — докосмическая эра

2.1. Скафандры для полетов в стратосфере

Предшественниками космических скафандров были скафандры пилотов аэростатов и самолетов с открытыми кабинами, поднимавшихся на стратосферные высоты, где воздух столь разрежен, что даже дыхание чистым кислородом при окружающем барометрическом давлении не защищает от кислородного голодания (гипоксии) и от других расстройств, связанных с пребыванием человека в этих условиях.

Первые сведения о разработках высотных скафандров в Советском Союзе, относятся к 30-м годам [Иванов и др., 1968].

Первый скафандр Ч-1 (рис. 2.1-1) был спроектирован инженером Е.Е. Чертовским, сотрудником авиамедицинского отдела Научно-исследовательского института Гражданской авиации в Ленинграде в 1931 г. Это был простой герметичный комбинезон со шлемом, имевшим небольшое остекление. В его конструкции не было шарниров, поэтому при наддуве требовались большие усилия для сгибания рук и ног. Работать в нем при создании под оболочкой избыточного давления было невозможно.

30 января 1934 г. произошла катастрофа стратостата «Осоавиахим-1»¹. Этот трагический случай дал толчок инженерам и изобретателям всех направлений искать средства индивидуальной защиты пилота в случае разгерметизации герметической кабины.

В скафандре Ч-2 Е.Е. Чертовского (1932–1934 гг.) были применены шарниры, благодаря чему появилась возможность (хотя и в ограниченной степени) сгибать руки и ноги. В следующей модификации Ч-3 (рис. 2.1-2), разработанной в 1935–1937 гг., уже были заложены все основные элементы будущих скафандров, а также учтены физиолого-гигиенические требования. В разработке скафандра Ч-3 приняли участие авиационные физиологи института авиационной медицины Красной Армии им. Павлова в Москве В.А. Спасский и А.П. Аполлонов.

¹ На высоте 17 км гондола отделилась от воздушного шара. Три аэронавта Павел Федосеенко, Андрей Васенко и Илья Усыкин должны были спуститься на парашюте, однако имелся только один люк. Люк был закреплен 24 болтами. Впоследствии было определено, что им хватило времени отвернуть только семь из 24 болтов. Все трое разбились.



Рис. 2.1-1. Газетные репортажи о первом советском высотном скафандре Ч-1, разработанным инженером Е.Е. Чертовским (начало 30-х годов)

При избыточном давлении 10–15 кПа летчик в скафандре Ч-3, оболочка которого была изготовлена из прорезиненной ткани, имел подвижность, достаточную для управления самолетом. После испытаний в барокамере летчик-испытатель С. Коробков провел летные испытания скафандра на высотах до 12 км.

В 1938 и 1939 гг. были созданы скафандры Ч-4 и Ч-5, а в 1940 г. — усовершенствованные образцы скафандров Ч-6 и Ч-7.

С целью обеспечения полетов самолетов с улучшенными характеристиками (в то время без герметичной кабины), в частности при установлении новых рекордов по высоте, отечественные высотные скафандры с 1936 г. начали создаваться также в ЦАГИ (Центральном аэро-гидродинамическом институте) под руководством А. И. Бойко и А. И. Хромушкина (последний руководил



Рис. 2.1-2. Летчики, одетые в скафандр Ч-3 Чертовского Е.Е.

разработкой систем жизнеобеспечения для скафандров). Там впервые работа была поставлена на серьезную научную основу, соответствующую высокой технической культуре этого уже тогда всемирно известного учреждения.

Разработка начиналась с определения и понимания самой задачи и принципов будущей конструкции. Первое и самое трудное — это был поиск

конструкции шарниров, которые позволяли бы сгибать конечности, не затрачивая больших усилий. С этой целью было проведено много экспериментов на макетах.

На разрабатываемых мягких шарнирах исследовались не только подвижность, но и силовые элементы, крепление и т.п. При исследовании каждого шарнира определялась возможность и необходимость использования того или иного материала. В качестве начальных материалов применялась различного рода прорезиненная ткань серийного изготовления. Однако, уже первые работы, связанные с исследованиями элементов скафандров, и уточнение некоторых условий эксплуатации показали, что ткань оболочки скафандров необходимо изготавливать по специальным техническим требованиям.

Такие макеты давали очень много ценных исходных данных для дальнейшей работы. Уже при разработке первых образцов скафандров возник вопрос выбора рациональной схемы скафандра, которая бы представляла наибольшие удобства при эксплуатации. Изготовление скафандров, их технологичность, гигиенические качества и ряд других требований также серьезно прорабатывались и учитывались при разработке.

Первый опытный образец скафандра СК-ЦАГИ-1 был разработан, изготовлен и испытан в 1937 г. Скафандр был сделан из двух частей: верхней — «рубахи» и нижней — «штанин». Поясной разъем скафандра металлический. На нижней отъемной части установлено неразъемное профилированное эллиптической формы дюралевое кольцо, на «рубаше» — разъемный зажим с двумя замками по бокам. На скафандре были применены шарниры типа «гармошка». Вначале казалось, что это будут самые подвижные шарниры, однако, при тщательном исследовании оказалось, что такие шарниры имеют ограниченные углы изгибов и потребных для скафандра движений не обеспечивают. Кроме того, оказалось очень трудным делом изготовить подобного рода шарниры достаточно прочными для выдерживания больших внутренних давлений, а скафандры в то время делались на избыточное давление 30 кПа. В качестве продольных силовых элементов использовались стальные тросы, которые применялись и на многих последующих конструкциях скафандров. С самого начала создания скафандров возникла проблема борьбы с «вырастанием» скафандра при избыточном давлении в нем. Поэтому при последующем проектировании скафандров при определении силовой схемы, прежде всего, решался вопрос, эффективна ли будет система с точки зрения недопущения «вырастания» скафандра.

1937 г. был уже началом создания некоторых элементов оборудования для жизнеобеспечения. Скафандры снабжались автономной системой кислородного питания регенерационного типа (то-есть, удаления CO_2 химическим адсорбентом), позволяющей отделяться от бортовой системы при переходе в самолете с одного места на другое или при совершении прыжка с парашютом.

В 1938 г. был разработан скафандр с системой жизнеобеспечения кислородно-вентиляционного типа. Это был скафандр конструкции изобретателя доктора Перескокова и инженера Рапопорта.

В том же году был создан скафандр СК-ЦАГИ-2, который представлял собой экспериментальный образец, предназначавшийся для полетов на самолетах. Для него была разработана регенерационная система, достаточно надежная для того времени. В этом скафандре были проведены первые испытания в термобарокамере и полеты на самолете ТБ-3 и на модернизированном самолете Р-5. Этот скафандр существенно отличался от СК-ЦАГИ-1. В некоторых деталях проскальзывало подражание водолазному скафандру, однако для того времени это был лучший из существовавших в СССР скафандров. Скафандр СК-ЦАГИ-2 был выполнен в виде комбинезона со съемным шлемом. Оболочка его была изготовлена из трехслойной прорезиненной ткани, из-за чего скафандр был излишне перетяжелен и загроблен. На скафандре были применены мягкие шарниры в виде постоянно собранных складок. Такие шарниры обладают высокой подвижностью, но, в том виде как они были выполнены на этом скафандре, они исключали возможность изменять их длину. Скафандр не имел приспособлений для регулировки по росту, плечевой шарнир был некоторым подобием шарнира Гука и имел приклеенное к оболочке металлическое кольцо. Одевание скафандра производилось через верхнее отверстие комбинезона, которое закрывалось мягкой «манишкой». Герметизация манишки по контуру осуществлялась металлическими накладками и барашками. В верхнюю часть манишки вставлялся шлем, который скреплялся специальной ленточной стальной затяжкой. Шлем был выполнен в виде усеченного конуса, имел одинарное стекло и довольно ограниченный обзор. Перчатки на скафандре были несъемные. В качестве внутреннего утепления применялся трикотажный комбинезон и, кроме того, оболочка скафандра была с внутренней стороны утеплена одним слоем байки. На руки (во внутрь скафандра) одевались тонкие шерстяные перчатки. В этом скафандре человек мог выдержать 4-х часовое пребывание при окружающей температуре минус 40°C. В качестве варианта для утепления применялся электрокомбинезон с панелями, выполненными из электрополотна.

Скафандр СК-ЦАГИ-2 снабжался регенерационной аппаратурой жизнеобеспечения, рассчитанной на 6 часов работы. В этой аппаратуре использовался ряд элементов от горноспасательного кислородного оборудования. Шланги от регенерационной аппаратуры подсоединялись к скафандру при помощи замка, который можно было разъединить одним движением руки без потери давления в скафандре.

Первые летные испытания (рис. 2.1-3) скафандра СК-ЦАГИ-2, проведенные летчиками-испытателями П. Зосимом, Ю. Станкевичем и М. Галлаем, дали богатейший экспериментальный материал и оказали значительное влияние на развитие последующей конструкции скафандра СК-ЦАГИ-4 (рис. 2.1-4), созданного в конце 1938 г.

В 1940 г. были разработаны следующие модификации скафандра — СК-ЦАГИ-5 и СК-ЦАГИ-8. СК-ЦАГИ-8 испытывался на истребителе И-153, не имевшем еще герметичной кабины и защитного фонаря.



Рис. 2.1-3. Скафандр ЦАГИ-2 во время летных испытаний на самолете ТБ-3

Начавшаяся 2-я мировая война приостановила работы по созданию «стратосферных» высотных скафандров, а послевоенный период характеризовался бурным развитием реактивной авиации с герметичными кабинами, катапультными креслами и другими элементами и условиями, приведшими к необходимости новых подходов к созданию высотного защитного снаряжения членов экипажа.

2.2. Авиационные скафандры

Как уже было сказано выше, первой научной авиационной организацией, в которой разрабатывались и испытывались отечественные высотные

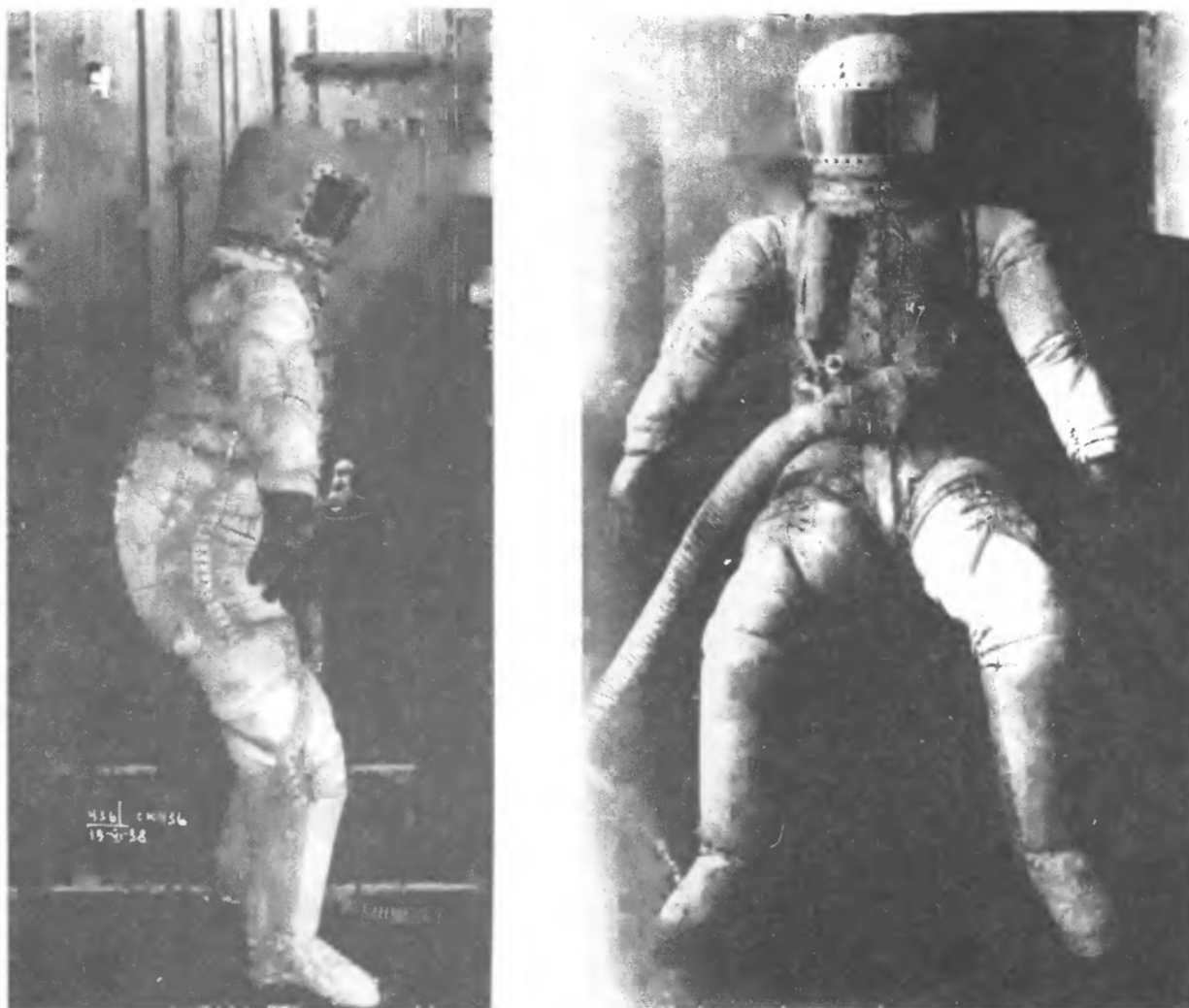


Рис. 2.1-4. Скафандр ЦАГИ-4, разработанный инженером А.И. Бойко (1938 г.)

скафандры был ЦАГИ, а в последующем ЛИИ (Летно-испытательный институт, позднее им. М. М. Громова).

В ЦАГИ работа над скафандрами для летчиков велась с 1936 г. по 1941 г., а в ЛИИ с 1946 г. по 1952 г.

Для разработки и испытаний скафандров в ЛИИ был создан отдел («высотная лаборатория»), включающий в себя конструкторскую бригаду, производственную мастерскую и испытательную лабораторию, имеющую термобарокамеру. За 6 лет были созданы и испытаны четыре модификации экспериментальных авиационных скафандров: ВСС-01; ВСС-02; ВСС-03; ВСС-04 (рис. 2.2-1 и 2.2-2). Разработкой скафандров руководил А.И. Бойко. Разработкой систем жизнеобеспечения руководили А.И. Хромушкин и А.М. Гершкович.

Дальнейшая работа по разработке авиационных скафандров в СССР проводилась на заводе № 918, созданном в октябре 1952. На завод



Рис. 2.2-1. Скафандр ВСС-04

был переведен ряд сотрудников упомянутого высотного отдела ЛИИ. Главным конструктором был назначен также работник ЛИИ, начальник конструкторско-производственного комплекса Семен Михайлович Алексеев.

На заводе № 918 (далее на Звезде) работа над высотными авиационными скафандрами развернулась широким фронтом по всем правилам разработки авиационной техники: было создано несколько конструкторских бригад, цех по сборке скафандров, высотная испытательная лаборатория.



Рис. 2.2-2. Скафандр ВСС-04 с открытым шлемом

К работе над скафандрами были привлечены опытные конструкторы, имевшие знание и опыт в области мягких оболочек, окончившие в свое время институт дирижаблестроения (ДУК — дирижаблестроительный учебный комбинат) и молодые специалисты, окончившие Московский авиационный институт.

В таблице 2.1. перечислены авиационные скафандры, которые были разработаны на Звезде, начиная с 1953 года по 1959 год. Используемые названия скафандров (аббревиатуры) означают:

- ВСС — высотный спасательный скафандр;
 ВС — высотный скафандр;
 ВКС — высотный комбинированный скафандр (скафандр плюс противоперегрузочный костюм);
 СИ — скафандр (летчика) истребителя;
 СБ — скафандр (летчика) бомбардировщика;
 С — скафандр.

Таблица 2.1

Год создания	Тип (марка) скафандра	Ведущий конструктор	Примечание
1953	ВСС-04	А.И. Бойко	Завершение работы, начатой в ЛИИ
	ВСС-05 ВС-06	С.П. Уманский С.П. Уманский	
1954	ВКС-1 (ВСС-07) ВСС-04А ВСС-04М	А.Л. Зельвинский А.И. Бойко А.И. Бойко	
1955	СИ-1 СБ-2 СИ-3	С.П. Уманский С.П. Уманский С.П. Уманский	
1956	СИ-3М СБ-4	С.П. Уманский С.П. Уманский	
1957	«Воркута» СБ-4Б СИ-5	А.И. Бойко С.П. Уманский С.П. Уманский	Начало разработки
1958	СИ-5 С-9	С.П. Уманский С.П. Уманский	Начало разработки С-9
1959	«Воркута» С-9	А.И. Бойко С.П. Уманский	Продолжение разработки, испытания

Активную роль в создании вышеуказанных скафандров (кроме перечисленных в таблице ведущих конструкторов), играли также А. Ю. Стоклицкий, И. И. Деревянко (по оболочкам скафандров), А. М. Гершкович и И. П. Абрамов (по СОЖ) и многие другие.

В 1959 году начались работы над скафандрами для пилотируемых космических полетов. Однако работа над авиационными скафандрами не прерывалась и в последующие годы. Были продолжены испытания и доводки скафандров С-9 и Воркута.

В 1970 году был разработан авиационный скафандр СОКОЛ, ставший прототипом космического спасательного скафандра СОКОЛ-К. Ведущими конструкторами СК СОКОЛ были Я. Рубашкин и А. Фадеев.

В 1985 году был разработан скафандр Баклан для летчиков дальней авиации (ведущий конструктор Г. Парадизов).

Конструкция скафандров совершенствовалась от модели к модели, чему способствовала и определенная конкуренция между разработчиками: ведущими конструкторами, начальниками бригад, конструкторами.

Известно, что скафандр полностью изолирует человека от окружающей среды и должен обеспечивать ему нормальную жизнедеятельность и работоспособность в случае разгерметизации кабины летательного аппарата на больших (свыше 7–8 км) высотах. Это единственный вид индивидуального снаряжения, который позволяет продолжать полет длительное время без снижения высоты.

Схема действия всех авиационных скафандров одинакова: как правило, давление в скафандре и вентиляция летчика обеспечиваются путем подачи в скафандр воздуха из системы кондиционирования кабины самолета, а кислородное питание от специальной кислородной системы. При полете в загерметизированной кабине, в скафандре поддерживается избыточное давление 10–20 гПа (100–200 мм вод. ст.), что позволяет расправить его оболочку и «снять» вес скафандра с тела летчика. При разгерметизации кабины на высотах более 10 км, в скафандре поддерживалось абсолютное давление, соответствующее высоте 10–11 км. В зависимости от максимальной высоты полета (порядка 20 км) рабочее избыточное давление в скафандре составляло примерно 150–220 гПа, что было достаточно при дыхании чистым кислородом и в то же время обеспечивало подвижность, необходимую для управления самолетом.

Основными требованиями, предъявляемыми к авиационным скафандрам, были:

- спасение члена экипажа и обеспечение ему возможности управления самолетом в случае разгерметизации кабины;
- обеспечение возможности покидания кабины и спуска на парашюте;
- спасение в случае приводнения летчика или приземления в неблагоприятных климатических условиях.

После появления на самолетах катапультирных кресел от скафандра потребовалась защита летчика от воздействия скоростного напора при катапультировании, в том числе защита головы от удара.

Для выполнения этих требований скафандр должен был обладать хорошей подвижностью как без, так и при наличии избыточного давления, обеспечивать хороший обзор и защиту глаз летчика, обеспечивать ему приемлемые гигиенические условия. Скафандр должен удобно надеваться и подгоняться по росту человека, сохранять подгонку при наддуве скафандра, иметь хорошую теплозащиту и плавучесть, иметь минимально возможную массу.

Все авиационные скафандры относились к так называемому вентиляционному типу, когда поступающие в скафандр воздух и кислород удалялись из него через регулятор давления (при закрытом шлеме). Такая система вентиляции получила название разомкнутой, в отличие от замкнутой (регенерационной).

Многие годы разрабатывались параллельно и конкурировали между собой два типа авиационных скафандров, так называемые масочные и безмасочные (или скафандры с отдельной вентиляцией).

В первых летчик использовал в шлеме кислородную маску, в которую подавался кислород или кислородно-воздушная смесь для дыхания. Вентиляция скафандра осуществлялась воздухом от системы наддува самолетом.

Во вторых объем шлема (зона дыхания), отделялся от остального объема скафандра шейной герметичной шторкой. Шлем играл роль кислородной маски с непрерывной подачей кислорода (или воздушно-кислородной смеси).

Как будет показано ниже, в конце концов, победила схема безмасочного скафандра, так как она обеспечивала лучшие эксплуатационные и физиологические условия для летчика, хотя и требовала увеличения расхода кислорода.

К масочным относятся все скафандры серии ВСС (1953–1954 гг.), скафандры СИ-1, СБ-2, СИ-3, СИ-3М, СБ-4 (1955–1956 гг.), к безмасочным — скафандры, начиная с СИ-5 (1957 г.). Скафандр Воркута (1957 г.) разрабатывался в обеих этих модификациях.

На Звезде первые скафандры серии ВСС — ВСС-04А, ВСС-04М, ВСС-05, ВС-06, ВСС-07 (ВКС-1) (1953–1954 гг.) — создавались на основе скафандров ВСС, разработанных в ЛИИ, и при всех различиях отдельных элементов имели для оболочки в основном одну и ту же конструктивную схему (рис. 2.2-1–2.2-3):

- оболочка гермосилового типа, выполняющая одновременно функции силовой и герметичной оболочек, изготавливалась из 2-х или 3-х-слойной прорезиненной хлопчатобумажной ткани (перкаля);
- пространственный (большого размера) шлем с мягкой затылочной частью, выполненной заодно с корпусом скафандра (кроме ВСС-05) Остекление из оргстекла в виде либо одного переднего стекла (рис. 2.2-3) или 3-х (переднего, двух боковых и верхнего) (рис. 2.2-1);
- разъем шлема в виде шарнирно соединенных двух передних полурам — верхняя рамка закреплена у нижней кромки стекла, а нижняя крепится к вороту корпуса. Разъем позволяет раскрывать шлем наподобие кошелька и откидывать стекло за голову (рис. 2.2-2);
- герметизация всех эксплуатационных разъемов с помощью плоского резинового клапана, натягиваемого на «нож» ответной части (разъемы шлема, манжеток, перчатки);
- герметизация распах для надевания с помощью так называемого аппендикса — широкого рукава из прорезиненной ткани, приклеенного к оболочке вдоль распах и основания шлема. Через аппендикс осуществлялось надевание скафандра, после чего аппендикс скручивался в жгут, завязывался хлопчатобумажным или резиновым шнуром и укладывался под оболочку, которая зашнуровывалась;
- мягкие шарниры (устройства, обеспечивающие сгибание наддутых рукавов и штанин) по типу «корочек» (специально выкроенных вставок



Рис. 2.2-3. Скафандр ВС-06

в поперечные разрезы оболочки), за исключением скафандра ВС-06, у которого плечевые шарниры гофрированного типа (рис. 2.2-3);

- силовая система из хлопчатобумажных шнуров, расположенных по нейтральным осям всех частей оболочки: корпуса, рукавов, оболочек ног;
- съемные герметичные манжеты на рукавах (рис. 2.2-2). В 1954 г. разработаны герметичные перчатки, надеваемые поверх манжет (рис. 2.2-3);
- групповой ввод коммуникаций в виде коротких шлангов, закрепленных на оболочке корпуса и заканчивающиеся единым быстродействующим групповым разъемом.



Рис. 2.2-4. Скафандр СИ-1

Все эти скафандры имели низкое рабочее избыточное давление на уровне 150–220 гПа, что являлось следствием недостаточной подвижности оболочки, особенно рукавов.

Начиная со скафандра СИ-1 (рис. 2.2-4), применялся съемный шлем и видоизмененная силовая система корпуса. Но конструктивная схема оболочки, ее материалы остались те же, что и в скафандрах типа ВСС.

Основные усилия конструкторов при разработке авиационных скафандров в 1953–1959 гг. были направлены на решение таких проблем, как:

борьба с «вырастанием» скафандра при создании избыточного давления; улучшение подвижности скафандра с целью увеличения рабочего давления; обеспечение сочетаемости скафандра с креслом и защита головы от удара при катапультировании; разработка системы размеров скафандров и диапазона их регулировки; увеличение допустимого времени пребывания в скафандре при рабочем избыточном давлении.

Для устранения «вырастания» был разработан вариант силовой системы с применением широкого поперечного пояса с разрезом сзади, который через систему роликов был соединен с продольными силовыми шнурами корпуса (так называемая полиспастная силовая система). При наддуве скафандра пояс должен был раздвигаться, выбирая при этом длину продольных шнуров. Однако в силу большого трения пояса об оболочку система оказалась неэффективной для устранения «вырастания» и использовалась только для подгонки скафандра по росту. Эта система была применена на скафандрах СИ-1, СИ-3М, СБ-4Б, СИ-5 (рис. 2.2-4–2.2-5).

Наиболее эффективным средством ликвидации вырастания явилось введение так называемого переднего подтяга — регулируемой с помощью специальной пряжки силовой ленты, соединяющей шейное кольцо с паховой зоной оболочки. Впервые передний подтяг был применен на скафандре СИ-3М (рис. 2.2-5) и позже применялся на всех типах мягких скафандров.

Наибольшие трудности в обеспечении подвижности возникали при разработке плечевого шарнира. Этот шарнир с двумя степенями свободы обеспечивал отведение-приведение рук в стороны и их сгибание-разгибание в продольной плоскости (движение руками вперед-назад).

В скафандрах ВСС-04, СИ-1, СИ-3М (рис. 2.2-1, 2.2-4, 2.2-5) применялся двухстепенной мягкий шарнир типа шарнира Гука с корочками, расположенными во взаимоперпендикулярных плоскостях. В скафандре ВС-06 (рис. 2.2-3) был применен гофрированный плечевой шарнир со скользящим силовым тросом, расположенным внутри оболочки.

Но лучшие результаты были достигнуты на скафандре СИ-5, в котором впервые были применены плечевые герметичные шарикоподшипники, сконструированные также на Звезде. Однако эти подшипники, будучи очень эффективными при наличии в скафандре избыточного давления, вызывали неудобство при надевании-снятии скафандра, при нахождении в нем без избыточного давления в кресле с привязной парашютной системой и при спуске на парашюте.

Очень важным было обеспечить сочетаемость шлема с заголовником катапультного кресла. Мягкий шлем скафандров серии ВСС и ВС хорошо сочетался с заголовником в закрытом положении. В открытом положении стекло этого шлема размещалось за головой, что создавало большое неудобство для летчика (рис. 2.2-2). Это явилось одной из причин перехода, начиная со скафандров СИ-1, на съемный шлем сферической формы с мягким «затылком» (рис. 2.2-4). Иллюминатор этого шлема открывался вперед-вниз (рис. 2.2-6). Съемный шлем улучшал условия эксплуатации скафандра:



Рис. 2.2-5. Скафандр СИ-3М

облегчал надевание-снятие оболочки и пребывание летчика на земле до вылета и после приземления. Однако такой пространственный шлем, обеспечивающий хороший обзор и комфортные условия для летчика, не защищал его голову от удара при катапультировании и спуске на парашюте.

В скафандр СИ-3М (рис. 2.2-5) был одет известный парашютист-испытатель ГК НИИ ВВС П. И. Долгов во время попытки осуществления рекордного прыжка с парашютом из воздушного шара *Волга* (рис. 2.2-7) 1 ноября 1962 года. Для этого полета скафандр был модифицирован. Из него была

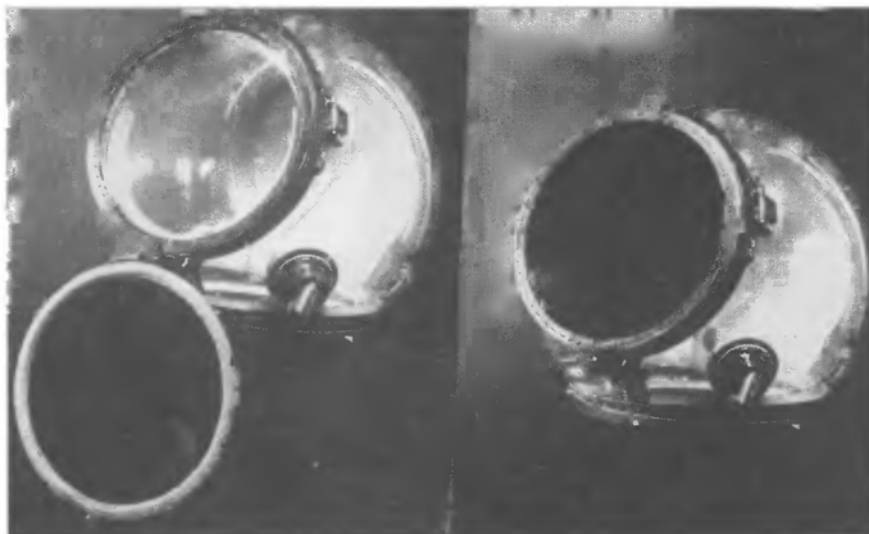


Рис. 2.2-6. Шлем скафандра СИ-5



Рис. 2.2-7. Гондола *Волга* в музее ВВС в Монино (снимок 1992 г.)



Рис. 2.2-8. Шлем скафандра СИ-3М (использовался П. И. Долговым без маски)

изъята кислородная маска с соответствующим кислородным прибором (легочным автоматом). Кислород подавался непосредственно в шлем непрерывным потоком.

В скафандре использовался съемный шаровидный шлем с плоским иллюминатором. Остекление шлема целиком было изготовлено из одного слоя органического стекла толщиной от 1,5 до 3 мм (рис. 2.2-8).

В момент выхода из гондолы для прыжка на парашюте Долгов распрямился и ударился шлемом о выступающий предмет в зоне люка. Удар был настолько сильным, что стекло было пробито и скафандр разгерметизировался, что привело к гибели Долгова.

В следующей модификации авиационного скафандра безмасочного типа СИ-5 остекление шлема было выполнено двойным (рис. 2.2-6). Начиная со скафандра С-9 сферический съемный шлем был заменен поворотным шлемом с металлической каской (рис. 2.2-9). Поворотный шлем фиксировался на голове с помощью шлемофона. Вращение шлема в стороны осуществлялось с помощью гермоподшипника, а кивок вперед-назад с помощью мягкого шейного шарнира.

В первых скафандрах герметизация рукавов по кисти осуществлялась с помощью так называемой герметичной манжеты (рис. 2.2-1 и 2.2-2). При создании в скафандре избыточного давления манжета дополнительно обжимала руку и герметизировала скафандр. Кисть летчика оставалась вне скафандра и сохраняла поэтому свою работоспособность. Однако при этом манжета не защищала кисть от воздействия пониженного давления атмосферы и существенно ограничивала время полета в разгерметизированной кабине.



Рис. 2.2-9. Скафандр С-9

Поэтому, начиная со скафандров ВС-06 и СИ-3М, стали применяться легкоъемные герметичные перчатки, надеваемые поверх манжет. Манжеты были модифицированы и стали играть роль дублирующего устройства на случай повреждения перчаток. Ограничения по времени пребывания в скафандре на максимальных высотах были сняты.

В скафандрах СИ-3М, СИ-5 и впоследствии С-9 были применены легкоъемные герметичные сапоги, что позволяло подбирать их по размеру ноги.

Регулятор давления, установленный на оболочке, автоматически поддерживает необходимое абсолютное давление в скафандре. В процессе

разработки скафандров производилось как совершенствование самих регуляторов, так и выбиралось оптимальное место их размещения на оболочке (рис. 2.2-3, 2.2-4).

1959 год характерен началом разработки двух скафандров для летчиков морской авиации С-9 и Воркута.

Скафандр С-9 имел прототипом скафандр СИ-5. Но в то же время этот скафандр был первым скафандром, в котором применен поворотный шлем с металлической каской и герметичным гермоподшипником. Соответственно на оболочке был организован мягкий шарнир, расположенный между шейным гермоподшипником и шейным кольцом изогнутой формы (рис. 2.2-9). Шарнир обеспечивал кивание головы вперед-назад.

Оболочка скафандра изготавливалась из 2-х слойного прорезиненного перкаля как и в предыдущих моделях скафандра. Для облегчения перемещения по земле до и после полета на корпусе был сделан передний поперечный разрез с молнией, которая раскрывалась при хождении и закрывалась перед посадкой в кресло, придавая тем самым скафандру «сидячее положение». На скафандре была закреплена постоянно верхняя одежда с алюминиевым теплоотражательным (противопожарным) покрытием.

Гермоввод коммуникаций был расположен на спине слева сзади. На оболочке был постоянно закреплён надуваемый спасательный ворот.

Скафандр Воркута (рис. 2.2-10а и 2.2-10б) был первым скафандром, в котором вместо единой гермосиловой оболочки из прорезиненной ткани была применена оболочка, состоящая из двух отдельных слоев: наружного — силовая оболочка, и внутреннего — герметичная оболочка. Это явилось крупным конструктивным достижением: повысилась надежность, поскольку для силовой оболочки можно было применить более прочную техническую ткань. Увеличилась эластичность оболочки, особенно в местах шарниров. Упростилась технология изготовления силовой оболочки (шитье и отсутствие клеевых швов), уменьшилось время на сборку.

В силовой оболочке скафандра Воркута была применена ткань «лавсан» (русский аналог ткани «полиэстер»), а гермооболочка изготавливалась из губчатой резины толщиной $\approx 3-5$ мм, которая служила также теплоизоляцией в случае аварийного приводнения. В местах шарниров гермооболочка выполнялась из тонкой листовой резины. Теплоизоляция скафандра позволяла находиться в холодной воде с температурой $0-10^{\circ}\text{C}$ в течение до 12 часов.

Скафандр изготавливался в 2-х вариантах: с кислородной маской и безмасочный (рис. 2.2-10а и 2.2-10б). Силовая система корпуса на первом этапе разработки состояла из троса, расположенного по нейтральным осям корпуса, который через систему роликов, закрепленных на жестких накладках по бокам корпуса, переводился на пояс и замыкался спереди на лебедке со стопором, с помощью которой производилась регулировка длины корпуса. В последующем применялась силовая система с передним подтягом.

На различных стадиях разработки в скафандре Воркута применялись как пространственный (неподвижный), так и поворотные шлемы.



Рис. 2.2-10. Скафандр Воркута: (а) — вариант с маской,
(б) — вариант без маски

В дальнейшем все скафандры Звезды изготавливались с отдельной оболочкой (силовая+герметичная). Последним авиационным скафандром, разработанным по такой конструктивной схеме в начале космической эпохи был скафандр СОКОЛ (1975 г.) (рис. 2.2-11). В этом скафандре в отличие от предыдущих скафандров было предусмотрено использование противогаса, обеспечивающего защиту летчика до посадки в самолет или после приземления в случае химического заражения местности.



Рис. 2.2-11. Авиационный скафандр СОКОЛ

Как будет показано в последующих разделах, опыт, приобретенный при разработке авиационных скафандров, был широко использован при создании оболочек практически всех космических скафандров.

В первую очередь сюда следует отнести использование двухслойной оболочки с отдельными силовым и герметичным слоями; конструкцию силовых систем и шарниров мягкой оболочки; конструкцию перчаток, конструкцию гермоподшипников и шлемов; систему типоразмеров оболочки и др.

Все это позволило создать первые космические скафандры в предельно короткие сроки.

2.3. Оборудование для исследования жизнедеятельности животных в космических полетах

Первыми плодами творчества Звезды для космического направления была разработка и изготовление в 1953–54 гг. установок (рис. 2.3-1), состоящих из катапультных тележек, снабженных кислородной аппаратурой и скафандрами для животных (собак).

Цель этой работы, выполняемой по Постановлению Совета Министров СССР от 06.02.53 г. и заказу АН СССР и НИИАМа, — определить возможность пребывания живых существ после заброса их с помощью ракет на высотах до 100–110 км с последующим катапультированием и спуском с этих высот на парашюте.

Скафандр представлял собой герметичную оболочку из трехслойной прорезиненной ткани со съёмным шлемом шаровой формы из органического стекла. В передней части скафандра имелись два глухих «рукава» для передних лап животного. На верхне-задней поверхности был сделан специальный распах с аппендиксом для размещения животного в скафандре. С внутренней и внешней сторон скафандра имелись ремни для фиксации животного.

Скафандр укрепляли на выдвижном лотке и вставляли во внутреннюю часть специально сконструированной тележки (рис. 2.3-2).

Система кислородного питания скафандра, размещаемая на катапультной тележке, состояла из трех двухлитровых баллонов, заполненных кислородом при давлении 150 атмосфер, редуктора и манометра. Запас кислорода

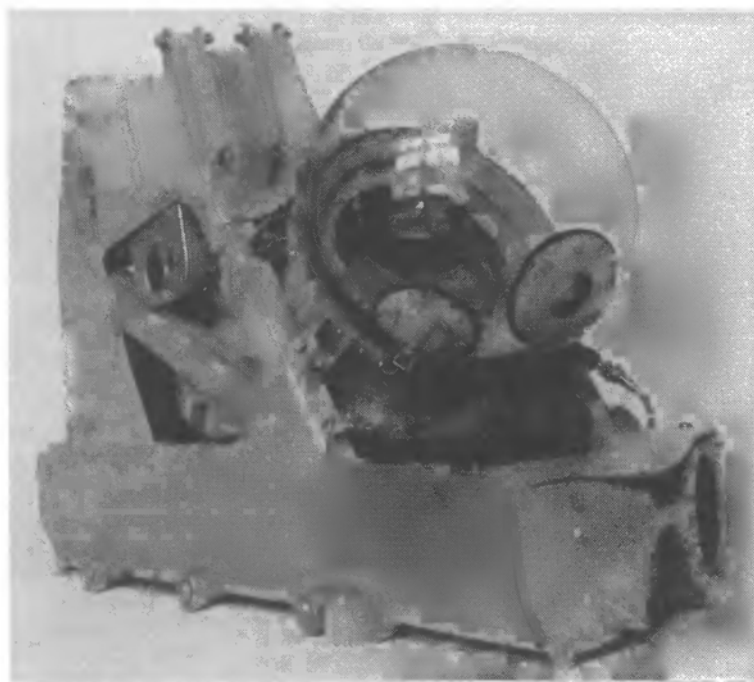


Рис. 2.3-1. Общий вид макета катапультной тележки со скафандром для собаки



Рис. 2.3-2. Полностью снаряженная катапультирующая тележка с закрепленным на ней скафандром (шлем снят)

был рассчитан на время 2–2,5 часа при вентиляции скафандра с расходом 6 л/мин.

При запуске ракеты включалась подача кислорода в скафандр, и давление в СК поднималось до 400–440 гПа. Это давление автоматически поддерживалось за счет работы клапана абсолютного давления и предохранительного клапана. В отсеке полезной нагрузки ракеты устанавливались 2 тележки, одна из которых катапультировалась на высоте 75–90 км, вторая — на высоте 35 км. Далее принудительно вводился парашют: для первой тележки на высоте 75–85 км, для второй — на высоте 3–4 км. На этой же высоте автоматически открывался лючок, сообщающий внутреннюю полость скафандра с атмосферой.

Всего было изготовлено 20 таких изделий. В период с 1954 года по 1956 год было выполнено 6 полетов на ракете Р-1Д.

В процессе этих полетов оценивалось поведение животных (путем их киносъемки) и их физиологические функции при действии перегрузок,

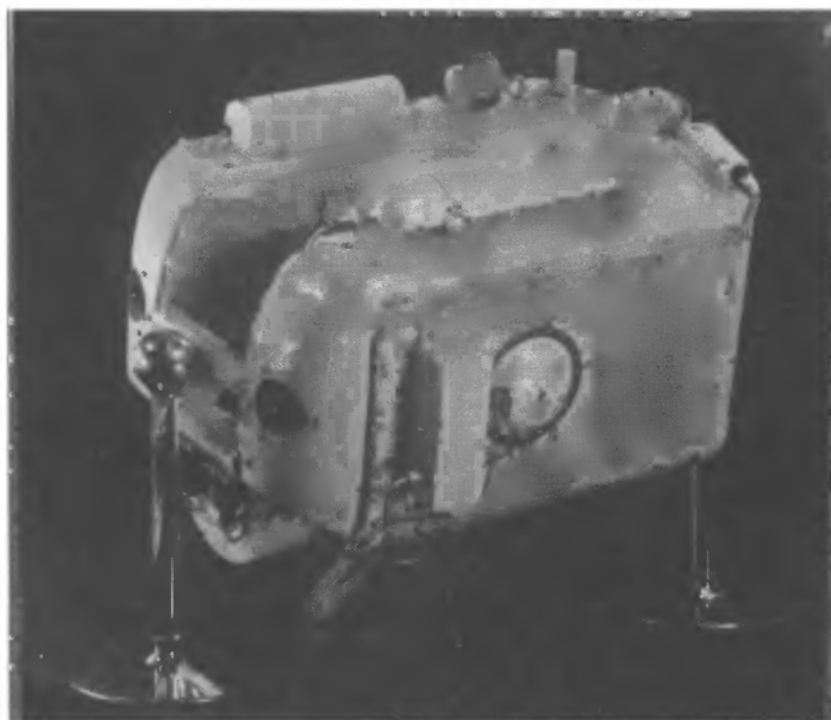


Рис. 2.3-3. Оборудование гермокабины для животных (герметичный корпус не показан)

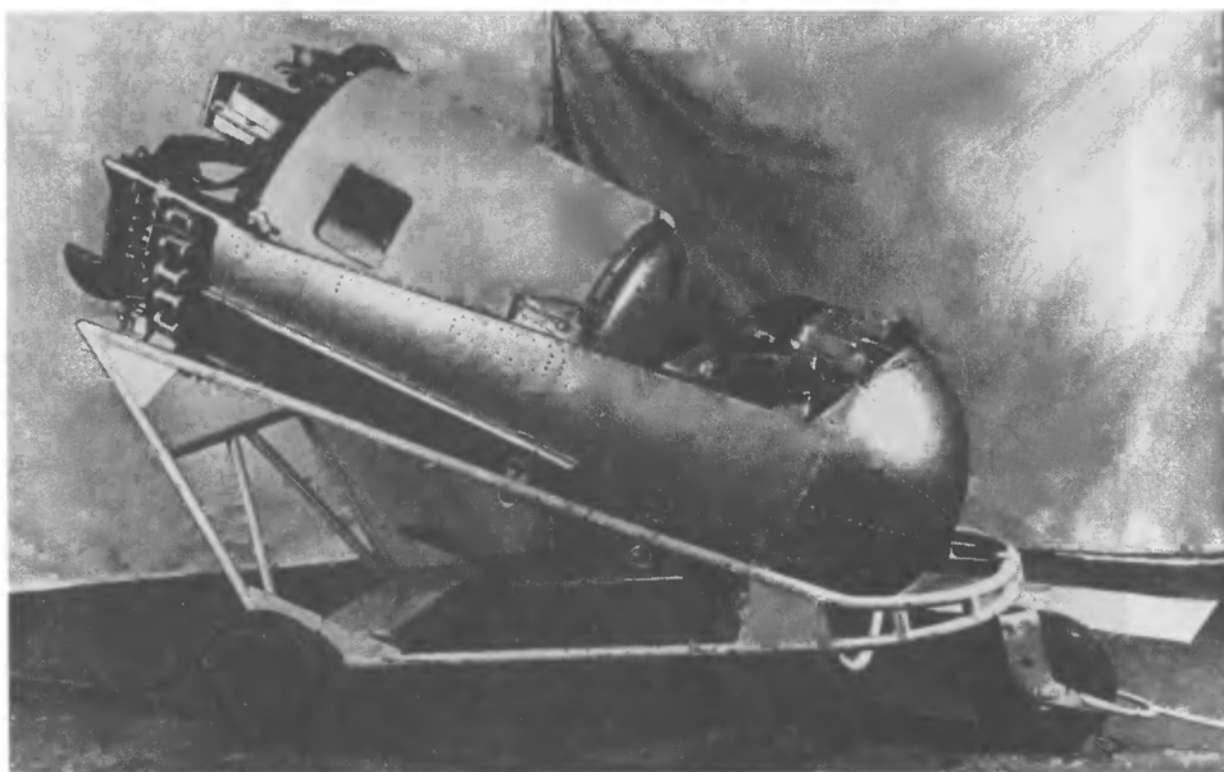


Рис. 2.3-4. Размещение катапультируемой гермокабины в катапультном кресле



Рис. 2.3-5. Гермокабина для двух животных (крышка снята)



Рис. 2.3-6. Гермокабина для животных (на втором плане) и капультируемая гермокабина в катапультном кресле в музее Звезды

изменении барометрического давления и при полной или частичной невесомости, которая длилась примерно 220 сек.

В 1956–57 гг. в рамках продолжения работ по созданию средств обеспечения жизнедеятельности человека при полетах на больших высотах, по заказу НИИАМ была разработана ГКЖ — гермокабина животных (рис. 2.3-3).

Работа завершилась полетом собаки Лайка на 2-м ИСЗ 03.11.57 г., при котором исследовалось поведение животного как при воздействии вибрации и перегрузок, так и в условиях более длительного действия невесомости. ГКЖ была укомплектована системой регенерации газовой среды и автоматами подачи пищи и воды для животного. Работа проводилась под руководством ведущего конструктора А. М. Бахрамова в содружестве с НИИАМ.

Следующим этапом работ по исследованию жизнедеятельности животных в условиях космического полета, в котором участвовала Звезда, было создание катапультируемой кабины, которая использовалась на начальном этапе работ по разработке и оценке катапультного кресла кораблей *Восток* (рис. 2.3-4). Эта кабина была рассчитана на 2-х животных и также была укомплектована устройствами для питания собак и удаления отходов (рис. 2.3-5 и 2.3-6). Вентиляция животных осуществлялась воздухом кабины корабля с помощью специальных вентиляторов.

Катапультируемая кабина с собаками Белкой и Стрелкой успешно вернулась на Землю после полета второго советского космического корабля-спутника 19 августа 1960 г.

Проведенные исследования на животных позволили к 1960 году получить достаточно много достоверных данных о возможности полета человека на космических летательных аппаратах. Аппаратура, обеспечивающая жизнедеятельность животных, работала нормально. За время с 1954 года по 1960 год имело место несколько случаев гибели животных, однако они не были связаны с отказами техники, разработанной Звездой.

Эра Восток

3.1. Начало работ

Менее чем через год после запуска в 1957 году первого ИСЗ в ОКБ-1 начались предварительные проработки вопроса о создании спутника Земли для полета человека в космос.

По указанию С.П. Королева в ОКБ-1 под руководством М. Тихонравова и К. Феоктистова в августе 1958 года была подготовлена первая концепция полета человека в космос. Был выпущен отчет ОКБ-1 под названием «Материалы предварительных работ по проблеме создания спутника Земли с человеком на борту» [Семенов, 1996].

В январе 1959 года вышли постановление Правительства и соответствующий приказ Министра авиационной промышленности с указанием начать работы по подготовке полета человека на ИСЗ.

17 апреля 1959 года Звезда (тогда завод № 918) получила от ОКБ-1 техническое задание на разработку и изготовление скафандра с аварийной системой кондиционирования воздуха, а 22 мая 1959 года вышло Постановление правительства, определившее основных исполнителей работы и поставщиков отдельных изделий. Эти документы положили начало работам по созданию космических скафандров в Советском Союзе.

В течение 1959 года Звезда разработала эскизный проект, рабочие чертежи первого космического скафандра (ему присвоен индекс С-10) и изготовила два действующих образца для лабораторных испытаний (рис. 3.1-1).

Следует отметить, что в это время Звезда еще не имела медицинского отдела (он был организован в марте 1960 года) и основную роль в проведении физиолого-гигиенических испытаний скафандров играл Государственный научно-исследовательский испытательный институт авиационной и космической медицины ГНИИИАиКМ, которому и был передан образец С-10 для совместных с участием Звезды испытаний. Этими испытаниями от Звезды руководил Б. В. Михайлов, от ГНИИИА и КМ А. М. Генин и Л. Г. Головкин.

Конструкция скафандра и СОЖ должна была обеспечить спасение человека в самых различных аварийных ситуациях: при разгерметизации кабины на орбите, нарушении в ней газового состава, при катапультировании, при попадании в воду, в том числе в бессознательном состоянии и т. д.

Оболочка скафандра С-10 была разработана на базе оболочек предыдущих авиационных скафандров. Шлем СК имел новую конструкцию и был снабжен системой автоматического закрытия смотрового стекла.



Рис. 3.1-1. Общий вид макета космического скафандра С-10 (1959 г.)

Был разработан вариант объединенной подвесной и привязной системы парашюта и кресла, используемой одновременно в качестве силовой системы скафандра, а также специальный объединенный разъем коммуникаций.

Скафандр предполагалось использовать в комплекте с регенерационной системой, бортовая часть которой была частично заказана ОКБ-124 (Главный конструктор Г.И. Воронин, позднее предприятие Наука) и частично (кислородная часть) СКБ-КДА (Главный конструктор П.И. Зима).

По ТЗ планировалось обеспечить вентиляцию СК cabinным воздухом с расходом от 50 до 150 л/мин в течение до 10 суток при давлении в кабине 100 кПа по открытой схеме и до 14 часов по замкнутой схеме от аварийной системы. При спуске корабля с орбиты до момента катапультирования и после катапультирования для кислородного питания использовались специальные кислородные приборы.

В связи с тем, что температура в кабине могла достигать 40°C была разработана специальная система вентиляции скафандра и оригинальная система впрыска воды в скафандр для охлаждения космонавта в аварийной ситуации.

Впервые был создан кислородный прибор КП-50, обеспечивающий автоматическую продувку скафандра кислородом (для удаления из СК азота) в случае падения давления в кабине.

Прорабатывались различные варианты обеспечения дыхания космонавта после приземления или приводнения в бессознательном состоянии. Этому вопросу придавалось важное значение, так как в то время было неизвестно как человек перенесет космический полет.

Прорабатывались также способы использования системы ассенизации в скафандре в условиях космического полета.

К началу работ по С-10 на Звезде в рамках конструкторского бюро, руководителем которого был А.М. Бахрамов, был выделен специальный конструкторский отдел по высотному снаряжению, начальником которого был назначен А.Л. Зельвинский, а его заместителем А.М. Гершкович. В отдел входило несколько конструкторских бригад: по разработке высотно-компенсирующих костюмов и шлемов — начальник Архангельский М.Н., оболочек скафандров — начальники Стоклицкий А.Ю. и Дервянко И.И.¹, систем жизнеобеспечения — начальник Абрамов И.П., новых материалов — начальник Ценципер З.Б.

Решением совещания специальной комиссии при Президиуме АН СССР под председательством М.В. Келдыша от 18.07.59 г. завод № 918 был определен головной организацией по разработке технических средств обеспечения человеку жизненно-необходимых условий и средств спасения при полете в космическое пространство.

В начале 1960 года работы по отработке С-10 продолжались, однако, в феврале того же года ОКБ-1 выдало Звезде новое техническое задание на защитный костюм (взамен скафандра). Отказ от скафандра был вызван несколькими причинами. Это прежде всего дефицит массы космического корабля, а также негативное отношение к необходимости скафандра со стороны проектантов ОКБ-1 во главе с их руководителем К.П. Феоктистовым. Их логика исходила из того, что вероятность разгерметизации кабины значительно меньше чем появление в полете других аварийных ситуаций, которые также могут иметь катастрофические последствия².

Защитный костюм — условное название «костюм В-3»³ — разрабатывался до конца августа 1960 года. Основное назначение костюма В-3 — защита

¹ Две бригады оболочек работали параллельно по космическим и авиационным скафандрам с различными концепциями и по различным заказам.

² Эта логика существовала до катастрофы корабля *Союз-11* в 1971 году.

³ Защитному костюму в то время было дано то же обозначение, что и космическому кораблю. Первая версия для корабля типа *Восток* была *Восток-3* (или В-3) В-1 и В-2 были беспилотными версиями.



Рис. 3.1-2. Испытания защитного костюма В-3 в зимних условиях.
В костюме испытатель Звезды Н. Рогачёв

космонавта после приземления или приводнения, особенно при попадании в холодную воду (рис. 3.1-2).

В качестве водонепроницаемой оболочки использовались элементы морского спасательного костюма летчика. Под него одевался специальный теплозащитный костюм с системой вентиляции, которая осуществлялась от автономной вентиляционной установки кабинным воздухом в течение всего полета. Туловище теплозащитного костюма выполнялось из стеганого поролона, рукава и штанины — из шерстяного трикотажа.

Были разработаны эскизный проект и рабочие чертежи костюма и изготовлено 8 комплектов костюмов. Часть из них была направлена в ГНИИИАиКМ для проведения физиологических испытаний и в Летно-испытательный институт для прыжков с парашютом. Звездой были проведены испытания в бассейне с холодной водой (в течение 12 часов) и двухсуточное пребывание в зимних условиях на открытом воздухе.

Ведущим конструктором скафандра С-10 и костюма В-3 являлся А. М. Гершкович, оболочки проектировались в бригаде А. Ю. Стоклицкого, а системы СОЖ в бригаде И. П. Абрамова (с участием смежных предприятий — в основном ОКБ-124 и СКБ-КДА). Активную роль при создании этих изделий играли начальник конструкторского отдела А. Л. Зельвинский и заместитель главного конструктора В. В. Фоменко.

После начала работ над защитным костюмом не прекращались дебаты о возврате к скафандру. Особенно настойчиво это требование выдвигали представители ВВС (начальники отделов Управления ВВС В.А. Смирнов и ГК НИИ ВВС С.Г. Фролов). Их поддерживали медики и специалисты Звезды.

К лету 1960 года эти дебаты достигли апогея. Снова предлагались варианты скафандра с СОЖ замкнутого типа. Проектанты ОКБ-1 говорили, что для этого нет веса. Споры продолжались пока решение не принял лично С.П. Королев. На Звезде в конце лета 1960 г. было организовано совещание с участием представителей всех заинтересованных организаций. Присутствовали: Королев С.П., Феоктистов К.П., Воронин Г.И., Смирнов В.А., Генин А.М., Головкин Л.Г. и специалисты Звезды во главе с С.М. Алексеевым.

Учитывая намеченные сроки первого полета человека, были рассмотрены различные варианты схем скафандра, в том числе система, замкнутая на регенерационную систему кабины. После заявления Г.И. Воронина, что бортовая система для регенерационного скафандра будет готова не ранее конца 1961 года, С.П. Королев заявил, что согласен выделить хоть 500 кг массы, но скафандр с соответствующей системой должны быть готовы к концу 1960 года. В результате, учитывая исключительно сжатые сроки поставки, был принят к разработке компромиссный вариант упрощенной автономной системы СОЖ скафандра с максимальным использованием имеющегося опыта создания высотных скафандров и уже отработанных элементов скафандра С-10 и костюма В-3.

В сентябре 1960 года было окончательно подписано техническое задание на скафандр (индекс СК-1), рассчитанный всего на 5 часов работы в разгерметизированной кабине, работающий по открытой схеме с использованием бортовых запасов сжатого кислорода и воздуха.

Важным следует считать решение об использовании именно автономной СОЖ, работающей на скафандр (в отличие от планировавшихся в США подобных систем, объединенных с бортовыми СОЖ). При несколько большем весе такой системы она давала ряд преимуществ: высокую надежность (при выходе из строя бортовой СОЖ даже в герметичной кабине имелась возможность перейти на автономную систему) и независимость отработки скафандра и его системы от отработки бортовой СОЖ. Кроме того, при этом было проще разделить ответственность между предприятиями-разработчиками скафандра и бортовой СОЖ (в данном случае между Звездой и Наукой, соответственно).

Элементы автономной системы вентиляции и кислородного питания скафандра размещались частично на катапультном кресле, также разрабатываемом Звездой, и частично в спускаемом аппарате и на приборном отсеке космического корабля (рис. 3.1-3).

Следует отметить, что разработанная концепция автономной СОЖ спасательного скафандра используется и на кораблях *Союз* по настоящее время.

Уже к декабрю 1960 года для проведения испытаний на Звезде и в ГНИИИАМиКМ, а также для поставки в ОКБ-1 было изготовлено 8 скафандров.

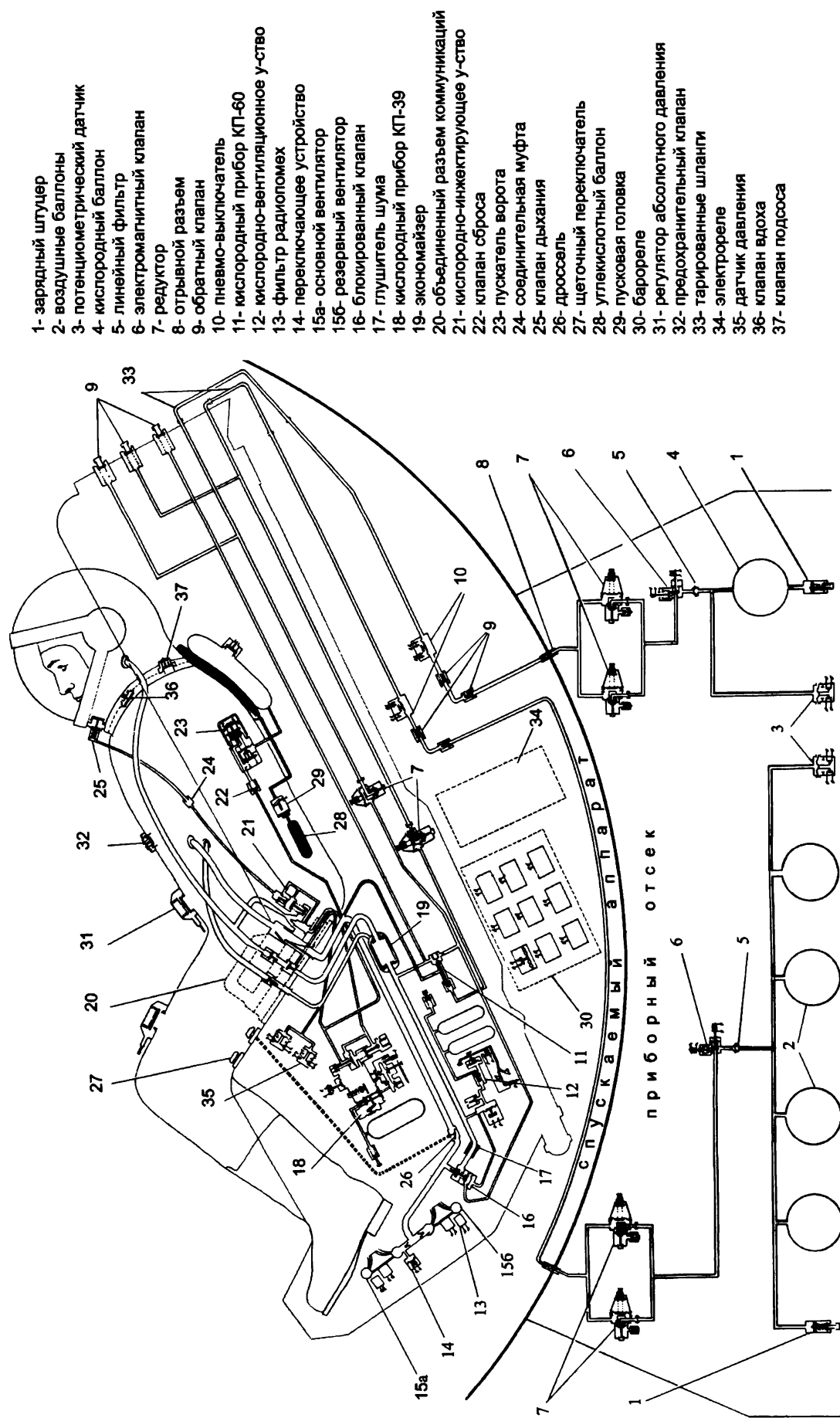


Рис. 3.1.3. Общая схема системы жизнеобеспечения, размещенной на скафандре, катапультном кресле и на борту корабля *Восток* (копия оригинала схемы, 1960 г.)

3.2. Первые космические скафандры кораблей *Восток*

Первый в мире пилотируемый космический полет на корабле *Восток* был осуществлен Ю. А. Гагариным 12 апреля 1961 года в скафандре, разработанном Звездой, и получившим индекс СК-1 (рис. 3.2-1 и 3.2-2).

В скафандрах СК-1 совершили свои полеты также космонавты последующих кораблей *Восток*, а также В. Н. Терешкова (в модификации этого скафандра СК-2).

Скафандр СК-1 совместно с системой жизнеобеспечения обеспечивал выполнение следующих основных требований:

- нормальные гигиенические условия космонавту в загерметизированной кабине в течение 12 суток;
- безопасное пребывание в разгерметизированной кабине в течение до 5 часов на орбите и в течение 25 мин при снижении спускаемого аппарата;
- защиту при катапультировании на высотах до 8 км и скоростном напоре до 2800 кг/см²;
- обеспечение кислородом для дыхания при спуске на парашюте;
- сохранение жизни космонавта при пребывании в холодной воде (после приводнения) в течение 12 часов (вне лодки) и в течение 3 суток после приземления или при нахождении в лодке при температуре до -15°C.

В случае разгерметизации кабины в скафандре поддерживалось рабочее давление 270–300 гПа, что соответствует барометрическому давлению на высоте 10 км.

В комплект скафандра СК-1 входили система штатной вентиляции, а также система аварийной вентиляции и кислородного питания, разработанные с участием предприятий Наука и СКБ-КДА.

Собственно скафандр включал: оболочку (двухслойную с отдельными силовой и герметичной оболочками), шлем с двойным остеклением и устройством для автоматического закрытия иллюминатора, съемные перчатки и манжеты, внутренний теплозащитный костюм с системой вентиляции, верхнюю защитную одежду, ботинки (приспособленные для приземления на парашюте), спасательный плавательный ворот с системой наполнения от углекислотного баллончика, объединенный разъем коммуникаций, шлемофон.

Кроме того, скафандр был укомплектован аварийной радиостанцией и предметами первой необходимости на случай приземления в необитаемом районе (пистолет, нож, зеркало, сигнальные устройства и т. д.).

Масса скафандра составляла примерно 23 кг.

Скафандр СК-1 был спроектирован, изготовлен, испытан и подготовлен к штатной эксплуатации в рекордно короткий срок, практически за полгода. Это стало возможным благодаря тому, что для создания скафандра были привлечены ведущие специалисты по авиационному снаряжению и были использованы отдельные конструктивные элементы и узлы авиационных



Рис. 3.2-1. Космический скафандр СК-1 кораблей *Восток*.
В СК испытатель Звезды Ю. Орехов

скафандров, а также СК С-10 и костюма В-3. В частности, от костюма В-3 был заимствован теплозащитный костюм с системой вентиляции, шлем скафандра был разработан на базе шлема скафандра С-10, снабженного устройством для автоматического закрытия и т. д.

Основной узел скафандра — оболочка, к разработке которой был привлечен ведущий конструктор А. И. Бойко, была выполнена по схеме оболочки авиационного скафандра Воркута (рис. 2.2-10). Оболочка состояла из двух отдельных слоев: наружного — силового, сшитого из прочной ткани «лавсан» и внутреннего — герметичного из листовой натуральной резины толщиной около 0,6 мм (в отличие от скафандра Воркута, в котором гермооболочка выполнялась из толстой резины с герметичными порами).

Также как у скафандра Воркута мягкие шарниры были выполнены по типу шарниров с «корочками», силовая система рукавов и оболочек ног была



Рис. 3.2-2. Скафандр СК-1 без защитной верхней одежды.
В СК испытатель Звезды В. Ефимов

изготовлена из шнуров, длина которых могла регулироваться. В силовой системе корпуса использовался стальной трос, который проходил по бокам от подмышечных зон к «бедрам», а затем на полужесткий разрезанный спереди и сзади пояс. Трос замыкался на расположенном спереди барабане с храповиком. С помощью барабана регулировалась длина троса при подгонке корпуса по росту космонавта (рис. 3.2-2).

На опасных участках полета, во время взлета и при спуске космического корабля скафандр должен был находиться в загерметизированном виде: шлем закрыт, перчатки надеты. После выхода на орбиту при нормальном давлении в кабине можно было открыть шлем и снять перчатки (манжетки не снимались). В таком положении космонавт мог выполнять все работы по управлению системами корабля, принимать пищу и отправлять естественные надобности, для чего на скафандре имелся так называемый «малый

аппендикс», расположенный в нижней части распах, через который внутрь скафандра вводился специальный приемник ассенизационной системы. В течение всего полета распах был зашнурован, аппендикс завязан.

В случае падения давления космонавт должен был закрыть шлем и надеть перчатки.

Приземление космонавта производилось на парашюте после автоматического катапультирования кресла на высоте около 8 км.

Скафандр СК-1 безмасочный, вентиляционного типа. Объем его шлема был отделен от объема корпуса резиновой (шейной) шторкой, на которой были установлены клапаны выдоха и подсоса воздуха. При открывании иллюминатора шторка автоматически оттягивалась от шеи, создавая космонавту необходимый комфорт.

Кроме обычных требований, предъявляемых к шлему высотного скафандра, таких как обеспечение необходимого обзора, создание комфортных условий для головы, защита головы при катапультировании, удобство открытия и закрытия остекления, недопущение запотевания иллюминатора, к шлему скафандра СК-1 предъявлялось дополнительное требование по автоматическому закрытию иллюминатора при падении давления в кабине и перед катапультированием (по электрическому сигналу).

Для выполнения этих требований наиболее приемлемой оказалась конструкция пространственного шлема скафандров типа ВСС (см. гл. 2.2) которая и была выбрана в качестве прототипа шлема скафандров С-10 и СК-1.

Напомним, что этот шлем имеет большой иллюминатор в форме части сферы, соединенный своей верхней кромкой с мягкой затылочной частью из прорезиненной ткани. При открывании шлема иллюминатор располагается над головой космонавта, а мягкая часть складывается сзади. Разъем шлема расположен по нижней кромке иллюминатора и состоит из двух полурамок, шарнирно соединенных по бокам иллюминатора в зоне ушей.

Герметизация разъема осуществлялась с помощью шланга герметизации, расположенного в пазу нижней полурамки. При закрывании шлема шланг натягивался на ответный «нож» верхней полурамки. Полость шланга сообщалась с полостью скафандра, и при создании в скафандре давления шланг дополнительно прижимался к ножу. Такая схема герметизации разъема оказалась очень надежной и жизнеспособной и применялась впоследствии на других типах космических скафандров.

Соединение полурамок разъема в закрытом положении осуществлялось с помощью двух быстродействующих замков, закрепленных на нижней полурамке.

Для исключения зажатия сложенной мягкой части шлема СК-1 между головой космонавта и заголовником кресла, что препятствовало бы автоматическому закрытию иллюминатора, шлем был снабжен двумя жесткими касками: внутренней — между головой и мягкой оболочкой шлема и наружной — поверх оболочки шлема. При открытии иллюминатор и оболочка шлема располагались в зазоре между этими касками. Каски служили так-



Рис. 3.2-3. Испытания скафандра СК-1 с плавательным воротом

же защитой головы космонавта от ударов при катапультировании и спуске на парашюте.

Для повышения надежности и устранения запотевания иллюминатор шлема имел двойное остекление с зазором 8 мм между стеклами.

На оболочке скафандра были установлены регуляторы абсолютного давления, а также предохранительный клапан, который открывался при повышении избыточного давления в скафандре выше 285 гПа.

Перчатки скафандра были легкоъемными, они подстыковывались к кольцам, расположенным на рукавах с помощью быстродействующих замков. Кольцо рукава включало в свой состав гермоподшипники, позволяющие вращать кисть при избыточном давлении. На кольцах рукава были закреплены также манжеты, герметизирующие скафандр при снятых перчатках. Перчатки состояли из четырех слоев: верхний — силовая оболочка из ткани, второй слой — гермоперчатка из латексной резины, третий слой — теплоизоляционный из эластичного поролона толщиной 5–6 мм, четвертый слой — подкладка из тонкой скользящей ткани.

Ботинки скафандра были изготовлены из кожи. Они надевались на силовую оболочку и имели специальные пряжки для крепления к силовым элементам оболочки. Этим исключалась возможность «соскакивания» ботинок при спуске на парашюте.

Поверх скафандра надевалась верхняя декоративная одежда в виде комбинезона, изготовленного из оранжевой капроновой ткани. На ней был смонтирован спасательный плавательный ворот с системой наполнения от углекислотного баллончика. Ворот мог также поддуваться через специальную трубку с мундштуком (рис. 3.2-3).

На верхней одежде имелись карманы для пистолета, ножа, радиостанции, датчиков измерения уровня радиации.

Оранжевый цвет одежды был выбран для облегчения поиска космонавта в случае его приводнения или приземления в безлюдной местности.

Защита космонавта от переохлаждения при приземлении или приводнении осуществлялась с помощью теплозащитного комбинезона, который надевался под скафандр на нательное белье. Комбинезон включал в себя четыре слоя материалов: наружный из шелковой ткани, слой поролона, слой чистошерстяного трикотажа и подкладку из шелковой ткани.

После приземления скафандр мог быть снят, а теплозащитный костюм, если было необходимо, использован как теплая одежда, в которой космонавт мог находиться долгое время.

На внутренней стороне теплозащитного комбинезона были расположены перфорированные эластичные каркасированные шланги и панели, образующие систему вентиляции скафандра. Воздуховоды этой системы объединялись в два (правый и левый) эластичных коллектора, выполненных в виде плоских каркасированных шлангов, которые с помощью резиновых муфт подсоединялись к патрубку воздушной магистрали группового ввода в процессе надевания скафандра.

Связь в скафандре осуществлялась с помощью шлемофона, который имел два микрофона на регулируемых микрофонодержателях и два телефона. В комплект шлемофона входили также два съемных ларингофона, которые использовались на участке выведения.

Следует отметить, что созданию скафандра СК-1 в заданные предельно сжатые сроки способствовало также и то, что работы по проектированию, изготовлению летных изделий и испытаниям проводились практически параллельно.

Так в ноябре 1960 года в ОКБ-1 уже были начаты комплексные испытания летных образцов СОЖ скафандра с системами корабля *Восток*. К этому времени были проведены лишь лабораторные испытания изделий, а зачетные испытания скафандра еще только начинались.

Испытания СК-1 включали в себя такие виды испытаний как прочностные (определение запаса статической прочности), на динамическое воздействие с имитацией взрывной декомпрессии от давления 1013 гПа до 41 гПа; испытания на механические воздействия на вибростенде и центрифуге; испытания в барокамере с кислородным оборудованием; летно-прыжковые на сушу и в море; тепловые, в том числе 11 суточные в кабине космического корабля и в бассейне с холодной водой; ресурсные испытания; натурные морские испытания при штормовых условиях. Кроме Звезды испытания проводи-

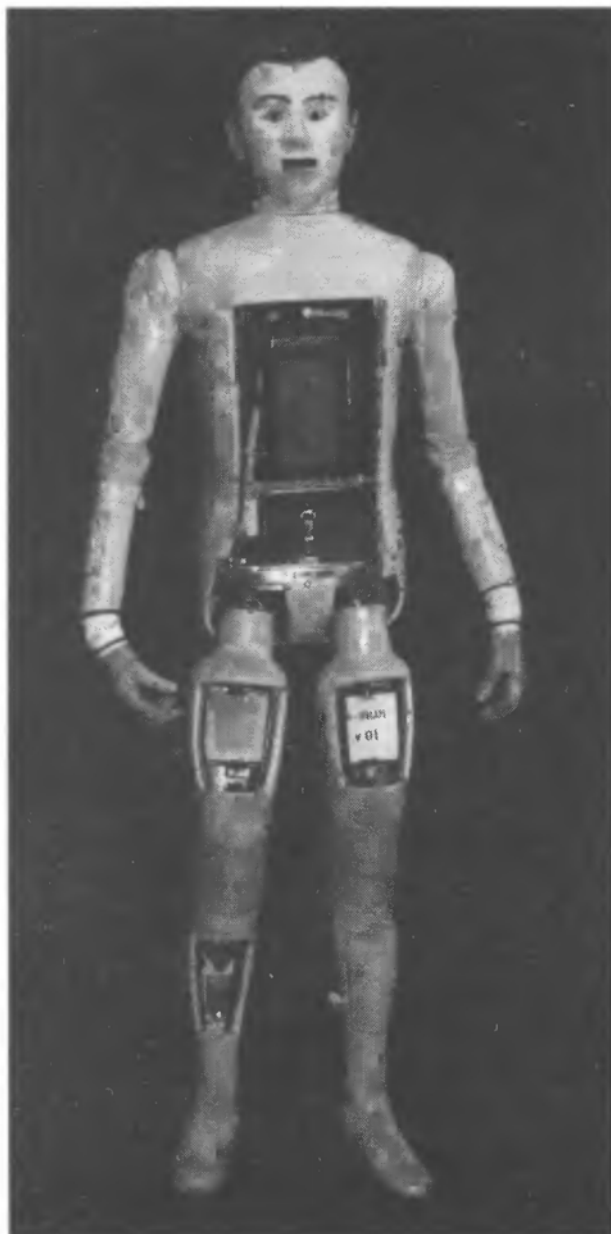


Рис. 3.2-4. Манекен «Иван Иванович»

лись в ЛИИ, ГНИИИАиКМ, на базе ВВС в Феодосии, в бассейне ЦАГИ и в других местах.

Перед первым полетом корабля с человеком в I квартале 1961 года были осуществлены 2 полета с манекеном, с легкой руки журналистов названным «Иваном Ивановичем». При этом скафандры и его бортовые системы готовились аналогично пилотируемому варианту и были готовы работать в случае разгерметизации кабины.

Антропометрический манекен «Иван Иванович» с регистрирующей аппаратурой был спроектирован и изготовлен в 1960 году (рис. 3.2-4). Собственно

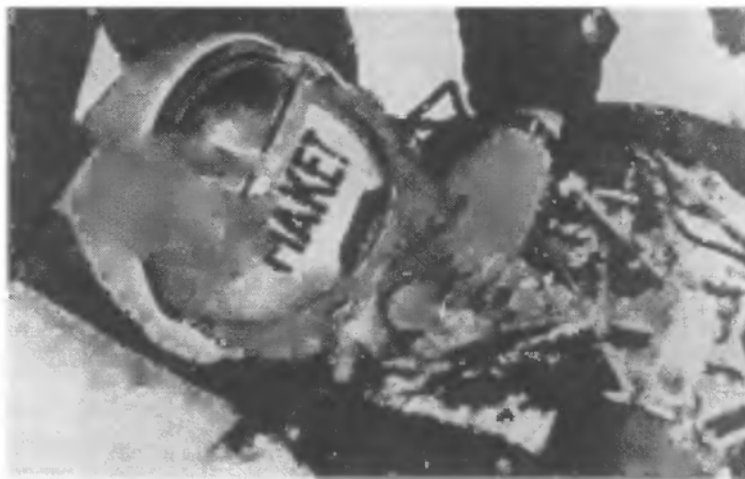


Рис. 3.2-5. Надпись «макет», сделанная на манекене «Иван Иванович»

манекен был разработан с помощью Московского научно-исследовательского института протезирования. Для обеспечения возможности надевания скафандра на манекен и размещения его в кресле *Востока* он был снабжен подвижными конечностями, для которых были использованы протезы рук и ног, имевшие шарнирные соединения в суставах.

Корпус манекена включал в себя металлический каркас, обтянутый кожей. Голова манекена была съемной, ее подсоединяли к корпусу после размещения манекена в скафандре через открытый шлем. Изготавливалась голова манекена из металла, обклеенного губчатой резиной, изображавшей «лицо». Манекен имел массу и центр тяжести, соответствующие отдельным частям человеческого тела. Внутри манекена имелись полости, в которых размещалась контрольно-измерительная аппаратура для регистрации перегрузок, угловых скоростей, уровня космической радиации и проверки радиосвязи путем ретрансляции на землю звуков через микрофон. Для этого использовались записи популярных русских песен [Чертюк, том II, 1996].

Конечный участок полета — катапультирование и спуск на парашюте в этих полетах осуществлялись штатно, что явилось окончательным подтверждением работоспособности всех систем. Для опознавания одетого в СК манекена на его лице уже на космодроме была сделана надпись «макет» (рис. 3.2-5).

Для подготовки и проверки изделий Звезды перед полетом Ю.А. Гагарина на космодром была направлена бригада специалистов Звезды под руководством ведущего инженера Ф.А. Востокова (рис. 3.2-6). В нее входило несколько групп. В частности, группой по подготовке скафандров и СОЖ руководил И.П. Абрамов, группой по подготовке электрорадиооборудования И.И. Скоморовский. Основным участником первой группы Виталий Сверщек (позже первый заместитель Генерального директора и Генерального конструктора Звезды) снаряжал в скафандр Ю.А. Гагарина (рис. 3.2-7), а в последующем и Г.С. Титова, а также осуществлял проверку герметичности скафан-



Рис. 3.2-6. Группа специалистов, которая готовила скафандры и другое оборудование Звезды для полета Гагарина на Байконуре. Слева направо, передний ряд: И. Скоморовский, И. Абрамов, К. Юрьева, Ф. Востоков, Н. Смирнов; второй ряд: Н. Борисов, В. Сверщек, В. Давидьянц, М. Иконников, Г. Лебедев, А. Панов, В. Елманов, С. Зайцев, Г. Петрушин. Отсутствуют Н. Рогачёв, В. Фиркин и Г. Давыдов



Рис. 3.2-7. Виталий Сверщек помогает Юрию Гагарину надеть скафандр перед полетом 12 апреля 1961 г.

дра на стартовой площадке после посадки космонавта в корабль. Основным помощником В. И. Сверщека в этих работах был Георгий Петрушин.

В монтажно-испытательном корпусе космодрома (на площадке № 2) для работ с изделиями Звезды были выделены специальные помещения, куда были подведены линии подачи сжатого воздуха, кислорода (от стационарных



Рис. 3.2-8. Фотография Ю.А. Гагарина, сделанная после полета

баллонов) и электропитания. В этих помещениях было размещено испытательное оборудование Звезды и проводились автономные испытания и предполетная подготовка скафандров и катапультных кресел. Рядом находилось помещение, где проводился медицинский контроль космонавтов и установка на них датчиков медицинских измерений.

Бригада Звезды обеспечивала также испытания скафандров и катапультного кресла с бортовыми электрическими и пневматическими системами космического корабля (вместе со специалистами ОКБ-1 и космодрома).

Следует отметить, что перед первым полетом еще была недостаточно изучена способность человека сохранять работоспособность в процессе космического полета, в связи с чем скафандр был насыщен рядом автоматических устройств: закрытия иллюминатора шлема, открытия клапана для дыхания после приземления, наполнения плавательных средств и др.

Несмотря на это, у многих специалистов сохранялась обеспокоенность за результат полета. Даже в последние дни и часы перед полетом продолжались дискуссии на эту тему. Так родилось предложение прикрепить на подвесную систему парашюта табличку с рисунком, как открыть шлем скафандра, если космонавт не сможет это сделать сам.

В день старта работы в лаборатории Звезды были начаты более чем за 5 часов до времени пуска. Примерно за 4 часа до пуска прибыли Ю.А. Гагарин



Рис. 3.2-9. С. П. Королев дает последние советы Ю. А. Гагарину.
В центре — маршал К. С. Москаленко

и Г. С. Титов вместе с сопровождающими их инструкторами и руководством. Они прошли медицинский осмотр, после чего началось одевание скафандров.

После одевания скафандров космонавты примерялись в технологическом кресле, находящемся в соседней комнате. Сидя в этом кресле, Ю. А. Гагарин дал свое последнее интервью перед полетом и раздавал первые в своей жизни автографы.

В это время, для опознания принадлежности пилота присутствующими было решено сделать надпись «СССР» на шлеме (рис. 3.2-8)¹. Эту надпись сделал красной краской на шлеме уже одетого в скафандр Ю. А. Гагарина инженер-испытатель Звезды Виктор Давидьянц. Во время ожидания автобуса для отъезда на старт С. П. Королев пришел в помещение для одевания и с волнением давал последние инструкции Ю. А. Гагарину. Последний же выглядел

¹ Причина решения сделать надпись «СССР» на шлеме была связана с тем, что осуществление первого пилотируемого полета не было публично известно, а меньше чем за год до этого в Советском Союзе приземлился Гарри Пуэрс со сбитого самолета-шпиона. Возник вопрос как понять, что приземлился советский космонавт, а не пилот с «чужого» самолета.



Рис. 3.2-10. Фотография «испытания на центрифуге» — пример снимка, сделанного после полета во время киносъемки о полете Гагарина. При этом использовался скафандр одинаковый с использовавшимся в полете, хотя снималась сцена, происходившая задолго до полета, когда надписи «СССР» на шлеме еще не было

вполне уверенно и даже успокаивал С. П. Королева, уверяя его, что все эти наставления помнит и знает.

Следует заметить, что к моменту отправки изделий на космодром (февраль 1961 г.) многие из испытаний еще не были закончены, что вызывало необходимость проведения доработок скафандра и его систем непосредственно в процессе подготовки их к полету. Этим в частности, объясняется отличие внешнего вида скафандра Ю. А. Гагарина на фотографиях и в кинофильме, снятых заранее на космодроме, от последних снимков, сделанных в день старта (последняя доработка скафандра по результатам морских испытаний скафандра в Феодосии была выполнена за несколько дней до полета¹).

Звезда оборудовала специальный автобус (рис. 3.2-11) для доставки космонавтов на стартовую позицию. Это был обычный пассажирский автобус, изготовленный Львовским заводом. Салон автобуса был доработан с целью размещения в нем двух сидений для одетых в скафандры космонавтов.

¹ Клапан подсоса внизу шлема заменен на модифицированную конструкцию (для предотвращения попадания воды в скафандр). Первоначально клапан был белого цвета, замененный — был внутри белый с черным колпачком (рис. 3.2-9).



Рис. 3.2-11. Ю. Гагарин в автобусе, движущемся на стартовую площадку. Позади Гагарина Г. Титов в скафандре и космонавты Г.Г. Нелюбов и А.Г. Николаев

К сидениям были подведены линии вентиляции, в которые подавался воздух из баллонов, закрепленных в задней части автобуса.

Космонавтов в скафандрах в этом автобусе обычно сопровождали специалисты Звезды, другие космонавты и инструкторы. В автобусе также могли находиться запасные части к скафандру (перчатки, шлемофоны и т.д.).

За 2 часа до времени пуска космонавты и сопровождающие их лица направились в автобус. На стартовой площадке космонавты отдали рапорт Председателю Государственной комиссии и направились к лифту. Их сопровождали Ф.А. Востоков (Звезда) и ведущий конструктор ОКБ-1 О.Г. Ивановский, которые помогли разместиться Ю.А. Гагарину в кресле. После этого находившиеся на площадке перед люком корабля В.И. Сверщек, Н.С. Смирнов и Б.С. Фиркин провели окончательную проверку систем скафандра и катапультного кресла. Незадолго перед стартом корабля автобус с Г.С. Титовым и сопровождавшими его специалистами покинул стартовую площадку.

Полет корабля *Восток* был кратковременным (108 мин), поэтому специалисты Звезды ожидали его результатов вблизи от здания, в котором находилось руководство полетом. Там же был Главный конструктор С.М. Алексеев, представлявший Звезду на Государственной комиссии. До этого он участвовал в заседаниях комиссии и принятии решений по выбору основного космонавта и допуску систем корабля к полету.



Рис. 3.2-12. Ю. Гагарин и генерал Н. Каманин вместе с группой специалистов Звезды, участников разработки изделий для полета Гагарина, во время визита на Звезду в Томилино 25 апреля 1961 года.

Первый ряд (справа налево): Ф. Востоков, Ф. Мелихов, Ю. Килосанидзе, Ю. Гагарин, С. Алексеев, генерал Н. Каманин, В. Фоменко, генерал Л. Горегляд.

Второй ряд: А. Бойко, А. Мискарьян, В. Демьяновский, В. Елманов, Н. Борисов, А. Барер, И. Абрамов, А. Малышев, А. Истратов, И. Скоморовский, А. Зельвинский, Г. Лебедев, А. Бахрамов, А. Панов, Ф. Себрин, А. Грачев, В. Сверщек, А. Стоклицкий

В это же время в районе планируемой посадки корабля находилась группа специалистов Министерства обороны, ОКБ-1 и других предприятий, обеспечивающих безопасность спуска и приземления Ю.А. Гагарина. В состав этой группы были направлены представители Звезды А.М. Бахрамов и А.К. Малышев.

Катапультирование и приземление Гагарина прошло успешно.

При полете Г. Титова впервые использовалась система удаления отходов, для чего было необходимо развязать, а затем снова завязать малый аппендикс скафандра. А. Николаев в полете отсоединялся от привязной системы кресла и «всплывал» над ним.

По результатам полетов каких-либо замечаний по скафандру от космонавтов не поступало. Нужно иметь в виду, что аварийных ситуаций в полетах не было, в связи с чем космонавты все время работали в разгерметизированных скафандрах с вентиляцией кабинным воздухом.

На начальном этапе советской космической программы после осуществления пилотируемых полетов практиковалось регулярное посещение космонавтами основных разработчиков изделий.



Рис. 3.2-13. Визит Г. Титова на Звезду после полета в августе 1961 г.
Слева направо: Е. Шварцбург, В. Фоменко, В. Давидьянц, Б. Михайлов, В. Сверщек,
Ю. Килосанидзе, Г. Титов, И. Скоморовский, С. Зайцев, Г. Каравчук, И. Чистяков,
Н. Смирнов, С. Алексеев, Ф. Мелихов, А. Малышев

25 апреля 1961 года после полета Ю. А. Гагарина состоялся такой визит на Звезду (рис. 3.2-12).

Параллельное проведение испытаний и большой их объем требовали изготовления и большого количества изделий. Так, кроме 8 скафандров изготовленных в 1960 году, в 1961 году изготовлено 23 скафандра и в 1962 году еще 9 скафандров СК-1.

В это количество входили также скафандры для тренировок и летные экземпляры скафандров, в которых были осуществлены полеты Ю. Гагарина и Г. Титова в 1961 году, А. Николаева и П. Поповича в 1962 году и В. Быковского в 1963 году.

После полета корабля *Восток-2* с космонавтом Г. Титовым (рис. 3.2-13) в конструкцию скафандра СК-1 был внесен ряд изменений, повысивших его надежность и удобство эксплуатации. В основном эти изменения коснулись СОЖ скафандра (см. раздел 3.3).

3.3. Система жизнеобеспечения космонавта в скафандре СК-1

Для обеспечения жизнедеятельности одетого в скафандр космонавта в космическом корабле *Восток* применялся комплекс оборудования, обеспечивающего поддержание необходимых физиолого-гигиенических условий под

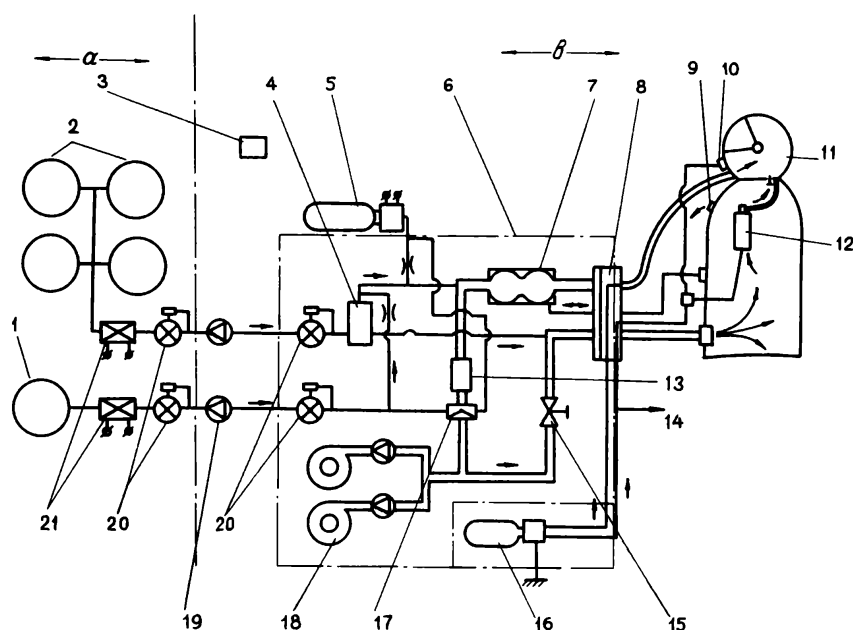


Рис. 3.3-1. Схема жизнеобеспечения космонавта в скафандре СК-1 на корабле *Восток*: а — отделяемый модуль (приборный отсек); в — спускаемый аппарат, 1 — основной кислородный баллон, 2 — баллоны с воздухом, 3 — блок барореле, 4 — кислородный прибор, 5 — кислородно-вентиляционное устройство, 6 — катапультное кресло, 7 — эластичная емкость (экономайзер), 8 — объединенный разъем коммуникаций, 9 — регулятор давления в СК, 10 — клапан дыхания, 11 — скафандр, 12 — автономный блок жизнеобеспечения (обеспечивает дыхание во время спуска и после приземления), 13 — глушитель шума, 14 — к плавательному вороту, 15 — кран регулирования вентиляции, 16 — парашютный кислородный прибор, 17 — пневмозапорный клапан, 18 — вентилятор, 19 — обратный клапан, 20 — редуктор, 21 — электромагнитный клапан

оболочкой скафандра. Основные компоненты этого оборудования были смонтированы в составе катапультного кресла и на самом скафандре. Источники сжатого воздуха и кислорода для поддержания в скафандре давления газовой среды и кислородного питания в случае аварийной разгерметизации кабины были установлены снаружи корабля на приборном отсеке (рис. 3.3-1).

В нормальном полете для обеспечения теплосъема, удаления пота, двуокси углерода и других газовойделений организма требовалось вентилировать скафандр кабиным воздухом. Воздух из кабины нагнетался в скафандр вентилятором по двум магистралям: отдельно в шлем и под оболочку туловища и конечностей. При закрытом шлеме воздух из него направлялся под оболочку через клапан на шейной шторке, а затем весь вентилирующий воздух выходил в кабину через регулятор давления, установленный на оболочке.

В случае аварийной разгерметизации и снижения атмосферного давления в кабине до 730 гПа автоматически включалась подача воздуха в скафандр (и, следовательно, в кабину) из установленных на приборном отсеке баллонов. Если эта подача не компенсировала утечки из кабины, то при барометрическом давлении 600 гПа автоматически закрывался иллюминатор шлема и включалась подача в скафандр кислорода из бортовых баллонов. Оболочка туловища при этом вентилировалась и наддувалась воздухом, а шлем — кислородно-воздушной смесью, содержание кислорода в которой возрастало с увеличением барометрической «высоты» в кабине. При барометрическом давлении менее 300 гПа («высота» 9 км) в шлем подавался чистый кислород. При дальнейшем понижении давления в кабине автоматически отключались вентиляторы и начинало создаваться избыточное давление под оболочкой скафандра. Суммарное содержание кислорода в газе, вытекавшем из скафандра через регулятор давления, в целях пожаробезопасности не превышало 40–45% при всех режимах работы СОЖ. На магистрали подачи кислорода имелась эластичная емкость в виде резинового мешка в герметичном корпусе, соединенном со скафандром. Назначение этой емкости — уменьшить сопротивление дыханию при глубоких вдохах.

На схеме (рис. 3.3-1) не показаны элементы СОЖ, работающие после отделения космонавта от кресла. Об этих элементах говорится ниже.

При спуске на Землю после отделения приборного отсека (и вместе с ним воздушных и кислородных баллонов) автоматически включалась подача в шлем кислорода из размещенных в кресле двух баллонов кислородно-вентиляционного устройства, содержащих по 2 л кислорода каждый при давлении 20 МПа.

На высоте около 7 км космонавт катапультировался и спускался на парашюте. При этом кислород для дыхания поступал в шлем из баллона емкостью 1 л, установленного в отделявшемся от кресла сиденье (давление кислорода в баллоне — 20 МПа). После израсходования запаса кислорода в баллоне автоматически открывался установленный на шлеме клапан, чтобы можно было дышать через него окружающим воздухом до тех пор, пока космонавт не откроет иллюминатор шлема.

Предусматривался случай возможного попадания приземляющегося космонавта в воду, в том числе при сильном ветре и высоких волнах. На этот случай скафандр был оснащен двумя типами надувных камер, одна из которых надувалась газом автоматически при попадании наполнительного устройства в воду. Эта камера была смонтирована на спинном жестком каркасе парашютной системы, где располагался также запасной парашют. Вторая плавательная надувная камера, установленная на самом скафандре, наполнялась космонавтом при включении вручную после сброса парашютной системы. Форма, размещение и объем надувных камер обеспечивали разворот космонавта в скафандре из любого первоначального положения в положение лежа на спине с приподнятой над уровнем воды головой.

Испытания показали, что при сильном ветре, на волнах с крутыми гребнями и при протаскивании парашютиста превратившимся в парус

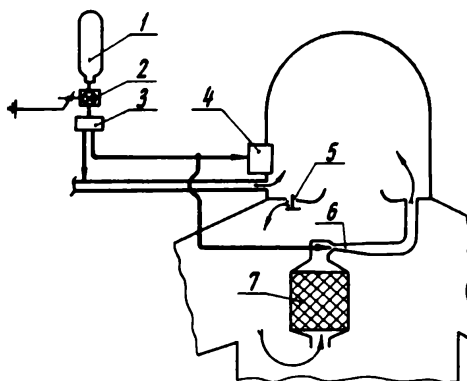


Рис. 3.3-2. Схема СОЖ космонавта в скафандре корабля *Восток* после отделения от катапультного кресла: 1 — кислородный баллон, 2 — пускатель, 3 — механизм переключения подачи кислорода из линии вентиляции шлема в линию инжектора на высоте ниже 4 км, 4 — клапан автоматического открытия клапана дыхания атмосферным воздухом после окончания запаса кислорода, 5 — клапан выдоха на шейной шторке, 6 — инжектор, 7 — патрон поглощения CO_2

парашютом происходит захлестывание шлема брызгами и не удастся избежать попадания воды внутрь скафандра через отверстие дыхательного клапана. Поэтому, начиная с *Востока-3* было решено увеличить продолжительность автономного жизнеобеспечения космонавта в загерметизированном скафандре настолько, чтобы он после приводнения успел отцепить купол парашюта, сбросить подвесную систему, забраться в надувную лодку, которая имела в составе аварийного комплекта, и лишь затем наступало время автоматического открытия дыхательного клапана.

Для реализации данного решения под оболочку скафандра был помещен небольшой патрон с поглотителем CO_2 и инжектором, на который на высоте 4 км автоматически переключалась подача кислорода, ранее подававшегося непосредственно в шлем (рис. 3.3-2). Инжектор создавал циркуляцию подскафандровой газовой среды, из которой в поглотительном патроне удалялась выделяемая при дыхании двуокись углерода.

Такая схема позволяла обеспечить пребывание в загерметизированном скафандре в течение 30 минут после катапультирования без увеличения запаса кислорода в баллоне.

3.4. Скафандр СК-2

Для полета первой женщины-космонавта Валентины Терешковой была разработана специальная модификация скафандра, получившая название СК-2 (рис. 3.4-1–3.4-3).

Скафандр СК-2 отличался от скафандра СК-1 в основном раскроем оболочки, отвечавшим особенностям женского телосложения. В частности, была уменьшена ширина плеч и увеличен обхват по бедрам, уменьшено отверстие в



Рис. 3.4-1. Скафандр СК-2 (вариант космического скафандра корабля *Восток* для космонавта-женщины) для Валентины Терешковой.
В скафандре испытатель Звезды Светлана Новак

шейной шторке. В соответствии с уменьшением ширины плеч с целью сохранения подвижности рук была доработана силовая система плечевых шарниров.

Кроме того, было изменено положение силового троса, удерживающего шлем спереди. Он был смещен с груди вниз. Были доработаны перчатки: уменьшена толщина теплозащитного слоя, увеличена подвижность большого пальца. Для улучшения досягаемости и удобства управления были доработаны рычаг открытия клапана дыхания и рукоятки на иллюминаторе. Часть доработок была введена и в скафандр СК-1 (используемый Быковским).



Рис. 3.4-2. С. П. Королев беседует с В. Терешковой перед ее полетом.
На заднем плане И. П. Абрамов



Рис. 3.4-3. Фотография В. Терешковой с автографом И. П. Абрамову

Необходимые изменения были введены также и в конструкцию приемника ассенизационного устройства.

В 1962 году для испытаний, тренировок и обеспечения полета В. Терешковой было изготовлено 8 скафандров СК-2. Активное участие в подготовке скафандра В. Терешковой к полету и в его одевании принимала инженер Звезды Висковская Г. И.

По результатам длительных полетов в скафандрах СК-1 и СК-2 (без их снятия) как В. Быковский, так и В. Терешкова в своем отчете отметили, что полет в корабле практически в неизменной позе в течение нескольких дней вызывает болезненные ощущения от давления на тело отдельных элементов скафандра и медицинских датчиков.

Впоследствии (см. гл. 7) спасательные скафандры стали использоваться лишь на отдельных наиболее опасных участках полета.

Скафандр и оборудование для первого в мире выхода в открытый космос

4.1. Введение

Шесть полетов пилотируемых кораблей *Восток* в 1961–1963 гг. показали, что корабли и их оборудование обладают высокой степенью надежности. Успешно выполненные научно-технические и медико-биологические исследования продемонстрировали, что возможности этого типа кораблей в плане дальнейшего развития работ по освоению космического пространства еще далеко не исчерпаны. Поэтому в 1963 году началась постройка еще 4-х кораблей *Восток*, и обсуждался вопрос о дополнительном их заказе.

Для расширения функциональных возможностей новой партии кораблей *Восток* был рассмотрен ряд изменений их конструкции, часть из которых непосредственно касалась изделий Звезды. В частности, планировалось проведение «мягкой» посадки спускаемого аппарата, то есть исключение катапультирования космонавта, а также осуществление «выхода» из корабля в открытый космос [Келдыш, 1980]. Осуществление этих мероприятий имело большое значение для отработки предстоящих полетов уже строящихся в это время кораблей *Союз*.

Модифицированным на базе КК *Восток* кораблям было присвоено название *Восход*. В октябре 1964 года на таком корабле был осуществлен полет 3-х космонавтов, а в марте 1965 года на корабле *Восход-2* двух космонавтов с выходом А. Леонова в открытый космос (первоначально этот корабль имел условное наименование *Выход*). На этих кораблях с целью снижения влияния перегрузок, действующих на космонавтов при отказе системы мягкой посадки, были впервые применены амортизационные кресла.

Следует отметить, что из-за дефицита объема и массы в связи с переходом на 3-х местный вариант корабля *Восход*, а впоследствии и на КК *Союз*, специалисты ОКБ-1 отказались от применения скафандров в качестве аварийного средства на случай разгерметизации кабины. Возражения оппонентов не возымели действия, тем более что проектанты ОКБ-1 ссылались на успешный опыт полетов кораблей *Восток* (в части вероятности разгерметизации СА).

После успешного завершения полета *Восход-2* планировалось изготовление еще пяти кораблей *Восход*, в том числе 2-х для проведения выходов в открытый космос. На этих кораблях предполагалось использовать вновь создаваемые ранец с системой жизнеобеспечения регенерационного типа и установку для перемещения и маневрирования космонавта (см. главу 9).

Однако вскоре, в связи с расширением работ по лунной программе и созданию кораблей *Союз*, работы по кораблям *Восход* были прекращены.

4.2. Оборудование для первого выхода в открытый космос

К началу 1964 года, когда возникло конкретное предложение осуществить выход в космос из корабля *Восход-2*, на Звезде уже был накоплен некоторый опыт по созданию спасательных скафандров, и проводились экспериментальные работы по созданию перспективных изделий для длительных космических полетов. Разрабатывались также концепции и отдельные агрегаты для СОЖ регенерационного типа.

Однако применительно к выходу из корабля в открытый космос необходимо было срочно решить ряд совершенно новых задач, связанных с защитой человека и скафандра от неблагоприятных условий открытого космического пространства. Кроме того, заказчиком (ОКБ-1) были поставлены также такие задачи, как обеспечение выхода из спускаемого аппарата (СА) корабля без его разгерметизации, применение по возможности уже имеющегося оборудования, требующего минимальных доработок корабля, использование оборудования с минимальными массо-объемными характеристиками. Правда, задача упрощалась тем, что первый выход из корабля планировался лишь на короткое время.

К началу работ еще не было найдено приемлемого технического решения по способу выхода космонавта из корабля *Восход*. Кабина корабля *Восход* не была рассчитана на длительную работу в разгерметизированном состоянии, для размещения же дополнительно специальной шлюзовой камеры (ШК) на корабле не было места. В ОКБ-1 прорабатывались различные варианты складывающегося шлюза. Специалистами Звезды, которую в январе 1964 года возглавил Главный конструктор Г.И. Северин, была предложена схема шлюзовой камеры с мягкой надувной оболочкой. Создание расправляющегося на орбите «мягкого» шлюза позволяло использовать для обеспечения выхода существующие конструкции корабля и обтекателя ракеты-носителя лишь с небольшой доработкой.

Окончательно предложение Звезды было принято на совещании у С.П. Королева в ОКБ-1 в апреле 1964 года, в котором от Звезды принимали участие Г.И. Северин, Н.Л. Уманский и И.П. Абрамов. 13 апреля 1964 года вышло Постановление правительства о сроках изготовления кораблей *Восход* (ЗКВ) и *Выход* (ЗКД).

Началась усиленная проработка схем скафандра, ШК и системы шлюзования. На их основе 9 июня того же года были подписаны Технические задания на них (рис. 4.2-1), и вышло соответствующее правительственное Решение (от 08.07.64 г.) о разработке шлюзовой камеры и скафандра с ранцевой системой жизнеобеспечения. Головным предприятием по этим изделиям определялось НПП Звезда. Этим же Решением ряду организаций было поручено в кратчайший срок обеспечить Звезду комплектующими изделиями.

<p style="text-align: center;">"УТВЕРЖДАЮ"</p> <p>Главный конструктор ОКБ-1 ГКОТ</p> <p><u>С.П. Королев</u> (КОРОЛЕВ) " 9 " VI 1964г.</p>	<p style="text-align: center;">"СОГЛАСОВАНО"</p> <p>Главный конструктор з-да 918 ГКОТ</p> <p><u>С.М. Северин</u> (СЕВЕРИН) " 9 " VI 1964г.</p>
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на разработку и изготовление шлюзовой камеры
и системы шлюзования корабля "ЗКД"

от ОКБ-1

В.И. Криков (КРИКОВ)

В.И. Коляко (КОЛЯКО)

В.И. Флеров (ФЛЕРОВ)

С.П. Анохин (АНОХИН)

от завода 918

А.И. Алексеев (АЛЕКСЕЕВ)

В.И. Уманский (УМАНСКИЙ)

В.И. Абрамов (АБРАМОВ)

Л.С. Скоморохов (Скомороховский)

Рис. 4.2-1. Титульный лист технического задания на разработку шлюзовой камеры и системы шлюзования, утвержденного С.П. Королевым и заместителем Г.И. Северина С.М. Алексеевым. Внизу: подписи к данному документу

Шлюзовая камера ВОЛГА корабля *Восход-2* состояла из верхней жесткой части с люком для выхода в космос и нижнего монтажного кольца, состыкованного с фланцем корабля. Они были соединены между собой

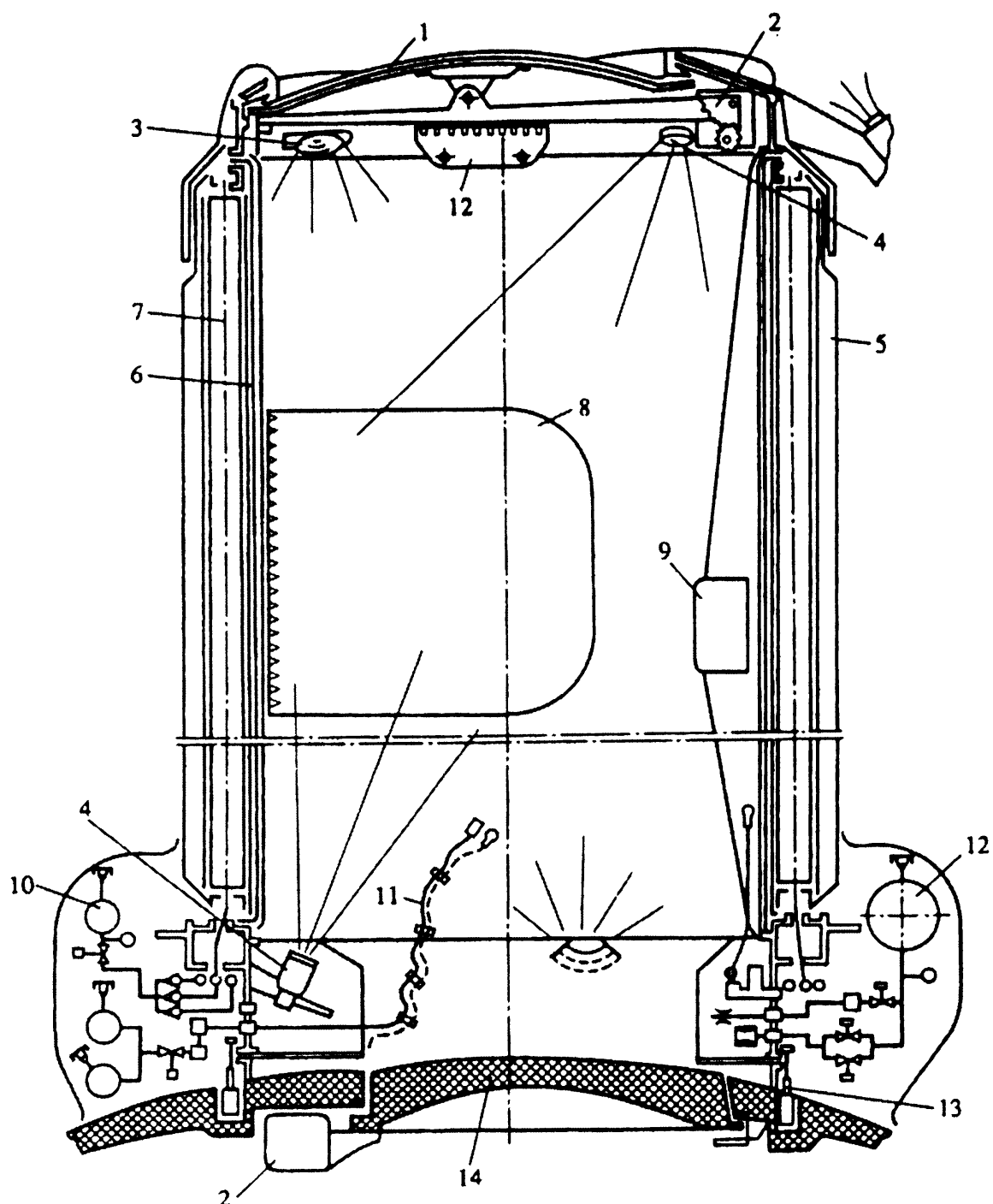


Рис. 4.2-2. Конструктивная схема шлюзовой камеры корабля *Восход-2*:
 1 — крышка люка для выхода в открытый космос, 2 — приводы открытия люков,
 3 — светильник, 4 — фотокамеры, 5 — мягкая оболочка, 6 — гермооболочка,
 7 — аэробалки, 8 — элементы крепления оборудования внутри шлюза, 9 — пульт
 управления, 10 — система наполнения газом аэробалок, 11 — страховочный фал
 со шлангом подачи кислорода, 12 — система наполнения воздухом шлюзовой
 камеры, 13 — механизм отстрела шлюзовой камеры после эксперимента, 14 — люк
 спускаемого аппарата корабля *Восход-2*



Рис. 4.2-3. Внешний вид шлюза (без теплозащитной оболочки)

гермооболочкой и силовым каркасом, состоящим из системы продольных аэробалок в виде надувных резиновых цилиндров, на которые был надет чехол из прочной ткани. Шлюзовая камера в сложенном виде крепилась снаружи спускаемого аппарата корабля над люком для выхода в космос. В камере размещались системы, обеспечивающие разворачивание оболочки на орбите за счет наддува аэробалок, система регулирования давления в ШК при шлюзовании, пульт управления, элементы страховки и фиксации космонавта при выходе, система отделения шлюза от корабля после выполнения программы и ряд других элементов. Размещение основных элементов ШК можно видеть на приведенном рисунке 4.2-2, а общий вид «мягкого» шлюза на рис. 4.2-3.

В течение 1964–65 гг. в короткий срок было изготовлено 7 комплектов ШК, два из которых были использованы при беспилотном и пилотируемом полетах корабля *Восход-2*. Остальные 5 изделий использовались в процессе испытаний ШК на Звезде и в качестве запасных.

В настоящее время 3 из них находятся в музеях Звезды, РКК Энергия и мемориальном музее космонавтики в Москве. Другие 2 изделия находятся в частном музее фонда Тесса в Денвере (США) и в одной из частных коллекций за пределами Российской Федерации.

При выборе конструкции и концепции работы скафандра на основании проведенного анализа и с учетом ограниченного объема корабля, было решено использовать скафандр (условное наименование БЕРКУТ) как в качестве спасательного (на случай разгерметизации кабины или отказа бортовой СОЖ), так и для выхода в открытый космос¹. При этом во главу угла ставились безусловное обеспечение надежности изделий, безопасность космонавта и создание ему возможности эффективно выполнять в скафандре поставленные задачи.

В частности, для реализации этих концепций в скафандре КК *Восход-2* на случай повреждения основной гермооболочки впервые было предусмотрено применение резервной. Для предотвращения декомпрессионных расстройств у космонавтов также впервые было применено сравнительно высокое рабочее давление в скафандре (порядка 400 гПа). Следует отметить, что сначала техническим заданием предусматривалось применить в скафандре рабочее давление 270 гПа с возможностью перехода на давление 350–400 гПа (только при необходимости в случае появления декомпрессионных расстройств). Однако в результате проведенных на Звезде испытаний с людьми было решено в качестве основного применить давление 400 гПа с возможностью кратковременного перехода на режим пониженного давления 270 гПа.

Учитывая поставленную задачу создать изделия для обеспечения выхода из корабля *Восход-2* в возможно кратчайшие сроки, а также весьма ограниченное время автономной работы скафандра, было решено взять за основу схему скафандра вентиляционного типа с отдельной вентиляцией шлема и оболочки. Это позволило построить схему бортовой СОЖ по аналогии со схемой кораблей *Восток* (применительно к двухместному варианту корабля), применить ряд ранее отработанных агрегатов и использовать наиболее простую и надежную автономную ранцевую систему, также работающую по открытой схеме.

Основная часть агрегатов бортовой СОЖ была размещена в СА и смонтирована в двух блоках: по одному слева и справа от кресел (рис. 4.2-4). В отличие от бортовой системы скафандра КК *Восток* на борту корабля *Восход-2* запас газа был рассчитан на 3 часа работы в аварийной ситуации.

Основная часть ранцевой системы (условное наименование КП-55) разрабатывалась и изготавливалась СКБ-КДА (г. Орехово-Зуево). Ранец (рис. 4.2-5 и 4.2-6) одевался космонавтом в спускаемом аппарате корабля перед выходом и крепился к скафандру с помощью подвесной системы.

Запас кислорода в ранце хранился в 3-х двухлитровых баллонах под давлением 22 МПа. Подача кислорода включалась самим космонавтом с помощью дистанционного управления. Кислород поступал в шлем, после чего попадал под оболочку скафандра и далее выбрасывался через регулятор

¹ В более поздних разработках (для орбитальных станций) для этих целей использовались два разных скафандра.

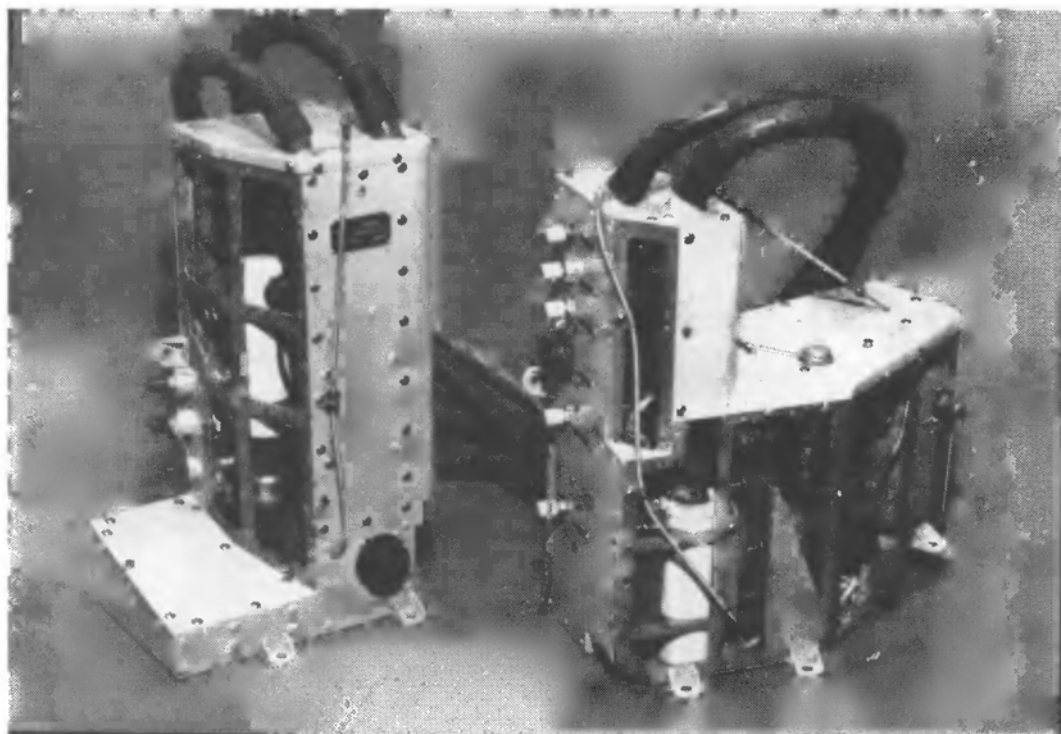


Рис. 4.2-4. Блоки с бортовыми агрегатами СОЖ скафандров БЕРКУТ



Рис. 4.2-5. Ранцевая система скафандра БЕРКУТ (крышка снята)

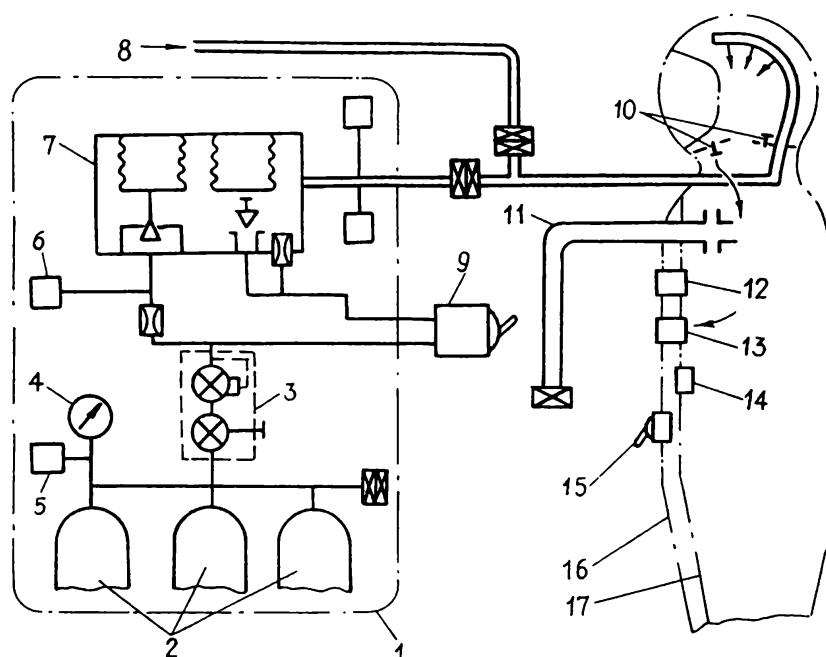


Рис. 4.2-6. Принципиальная схема ранцевой СОЖ СК БЕРКУТ: 1 — ранец с агрегатами системы жизнеобеспечения, 2 — баллоны с кислородом, 3 — редуктор с запорным устройством, 4 — манометр, 5 — датчики давления, 6 — сигнализатор включения аварийной подачи кислорода, 7 — регулятор подачи кислорода, 8 — шланг аварийной подачи кислорода (от системы шлюза), 9 — ручка включения кислорода, 10 — клапаны выдоха и подсоса на шейной шторке СК, 11 — шланг подачи кислорода от борта, 12 — предохранительный клапан, 13 — основной регулятор давления СК, 14 — регулятор пониженного давления СК, 15 — клапан включения режима пониженного давления в СК, 16 — основная оболочка СК, 17 — резервная оболочка СК

абсолютного давления в окружающую среду. Расход кислорода от ранца был рассчитан на обеспечение наддува скафандра, кислородное питание и удаление CO_2 в течение 45 минут. Фактически продолжительность выхода А. Леонова в открытый космос равнялась, как известно, 12 минутам. Время его пребывания в вакууме — около 23 минут.

Ранец имел 3 режима подачи кислорода: штатный с величиной расхода 16–20 нл/мин (приведенных к нормальным условиям), режим подачи в процессе шлюзования величиной 25–30 нл/мин (при окружающем давлении порядка 550 гПа) и аварийный величиной до 30 нл/мин. Аварийная подача включалась автоматически при падении абсолютного давления в скафандре ниже 240 гПа. Было также предусмотрено дублирование подачи кислорода в скафандр по шлангу от запаса газа, имевшегося в шлюзовой камере.

При выборе концепции системы и величины подачи кислорода были проведены эксперименты, показавшие, что даже при полном отсутствии



(а)



(б)

Рис. 4.2-7. Общий вид скафандра БЕРКУТ:

(а) — без верхней теплозащитной одежды, (б) — с надетым ранцем.

В скафандре испытатель Звезды Виктор Ефимов

отвода тепла через оболочку скафандра, человек в течение часа не терял работоспособности (тепло накапливалось в организме, что было допустимо при заданном времени выхода).

Скафандр БЕРКУТ А. Леонова (рис. 4.2-7а и 4.2-7б) был разработан с использованием конструктивных решений, отработанных на предыдущих типах авиационного и космического снаряжения и, в частности, скафандра СК-1 (оболочка корпуса с силовой системой, рукава, перчатки), экспериментального СК С-10 (оболочка ног, система внутренней вентиляции).

Оболочка скафандра БЕРКУТ состояла из четырех слоев: силового — из прочной капроновой ткани, двух герметичных (основного и резервного) — оба из листовой резины, и капроновой подкладки с системой внутренней вентиляции. СК БЕРКУТ в отличие от ранее применявшихся скафандров был снабжен специальной верхней одеждой с многослойной экранно-вакуумной теплоизоляцией.

Шлем скафандра был создан на базе авиационного гермошлема ГШ-8. Это был легкосъемный неповоротный шлем, имеющий металлическую каску и открывающийся (сдвижной) иллюминатор. Внутри шлема размещался светофильтр, управляемый от специальной ручки вручную.

Страховка космонавта в открытом космосе обеспечивалась специальным фалом длиной 7 м, в состав которого входили амортизирующее устройство, стальной трос, шланг аварийной подачи кислорода и электрические провода, по которым на борт корабля передавались данные медицинских и технических измерений, а также осуществлялась телефонная связь с командиром корабля.

Скафандр командира *Восход-2* Беляева П. И. имел такую же конструкцию, как и скафандр А. Леонова. П. Беляев при необходимости мог разгерметизировать кабину корабля, открыть люк и выйти в ШК для оказания помощи А. Леонову. При этом жизнеобеспечение командира должно было осуществляться за счет подачи кислорода с помощью аварийного шланга от бортовой СОЖ корабля.

Первому выходу в открытый космос предшествовал ряд впервые проведенных расчетов, исследований и экспериментальных работ, а также тренировок космонавтов. В частности были созданы методики тепловых расчетов системы «человек-скафандр», исследовано влияние высокого вакуума и других факторов открытого космоса на материалы скафандра, разработаны методики моделирования условий космоса в наземных условиях, выполнен большой объем испытаний в барокамерах.

Проведена большая работа по обеспечению надежности расправления шлюза, что было не просто оценить в наземных условиях. Для равномерности расправления ШК в конструкцию его оболочки были встроены специальные силовые стренги, разрывающиеся по мере наполнения аэробалок шлюза. Были предусмотрены 3 секции аэробалок, расположение которых и давление в них были выбраны так, чтобы при выходе из строя одной из секций расправление и устойчивость шлюза были бы нормальными. Давление в аэробалках с учетом изменения окружающей температуры в пределах от -30°C до $+40^{\circ}\text{C}$ должно было быть не менее 400 гПа (по условию устойчивости ШК) и не более 800 гПа (по условиям прочности).

Предусматривалось также ручное дублирование наиболее ответственных операций: открытие и закрытие выходного люка ШК, работа с клапанами наддува и сброса давления.

Рассматривался ряд аварийных ситуаций: разгерметизация спускаемого аппарата на любом участке полета, необходимость входа космонавта в СА

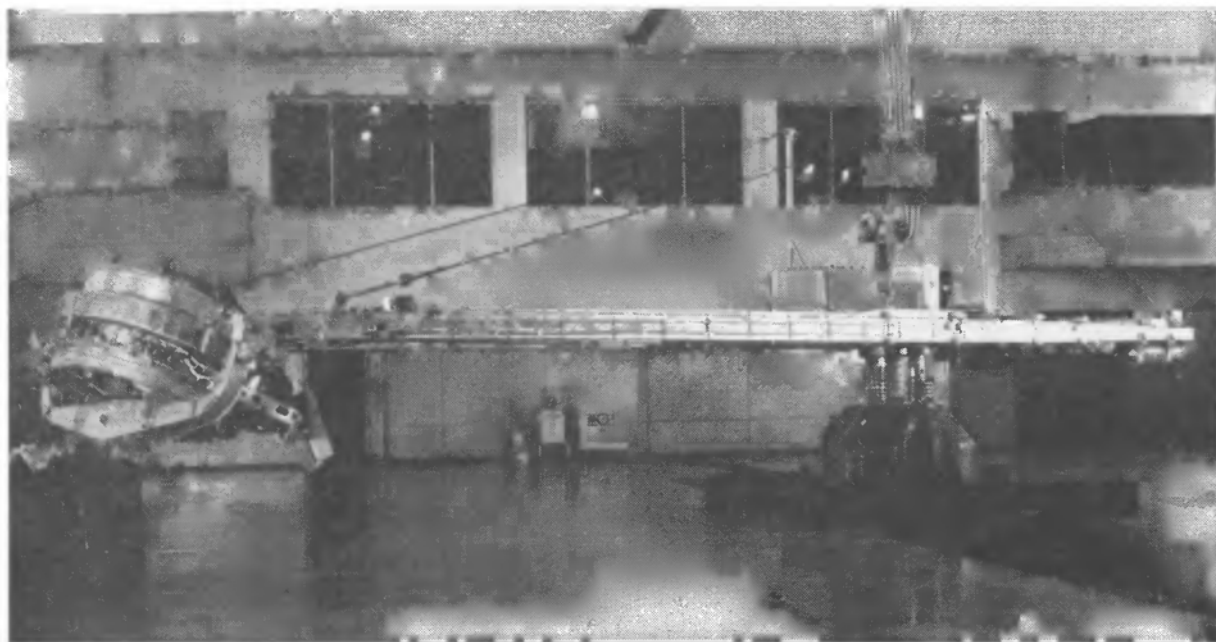


Рис. 4.2-8. ШК в сложенном виде при испытаниях на центрифуге Звезды

при наличии избыточного давления в СК (например, при незакрытии выходного люка шлюза), оказание помощи «выходящему» космонавту со стороны остающегося в СА. Оценивалось также возможное закислороживание атмосферы шлюза кислородом, поступающим из скафандра. Все эти ситуации отрабатывались в процессе испытаний и тренировок космонавтов.

Деревянный макет шлюза был изготовлен в июле 1964 года для проведения предварительной проверки размеров шлюза и прохождения космонавта в СК через люк корабля *Восход*. Начальные испытания были выполнены в ОКБ-1 в начале августа летчиком-испытателем С.Н. Анохиным, одетым в скафандр СК-1.

В августе 1964 года была проведена макетная комиссия, в процессе которой были проведены примерки в СА и макете шлюза в скафандре БЕРКУТ кандидатов на полет А. Леонова, П. Беляева, Е. Хрунова и В. Горбатко.

24–25 сентября 1964 года функциональный макет и капсула корабля *Восход-2* использовались на Байконуре для демонстрации систем Н. С. Хрущеву во время его визита на космодром. Г.И. Северин в присутствии космонавтов продемонстрировал шлюз и скафандр БЕРКУТ, а С.П. Королев — корабль *Союз*.

К концу 1964 года Звездой была проведена полная отработка всех систем и их испытания — наземные, термобарокамерные, бассейновые, прочностные, ресурсные — как технические (рис. 4.2-8), так и с людьми, и выдано соответствующее Заключение. Особое внимание при этом уделялось исследованию работы изделий в условиях, максимально приближающихся к космическим условиям. Так, кроме обычного комплекса испытаний были проведены:

- проверка отдельных узлов и агрегатов, а также неметаллических материалов для СК и ШК после воздействия глубокого вакуума до $1 \cdot 10^{-8}$ мм. рт. ст. (оценивалось сохранение свойств материалов и поверхностей трения);
- специальные испытания скафандра и элементов оборудования, имеющих экранно-вакуумную изоляцию с имитацией условий на теневой части орбиты;
- испытания скафандра и систем, в том числе впервые с людьми, в новой камере ТБК-30 на Звезде в вакууме до $P=2 \cdot 10^{-2}$ мм. рт. ст.

К февралю 1965 года были проведены испытания с людьми в скафандрах БЕРКУТ в тепловом макете СА в ОКБ-24 и комплексные межведомственные испытания всех систем в ТБК-60 в ГК НИИ ВВС.

В работах по созданию скафандра и ШК участвовал большой коллектив специалистов Звезды под руководством Г.И. Северина. В первую очередь следует отметить С.М. Алексеева, В.Г. Гальперина, И.П. Абрамова, О.И. Смотрикова, М.Н. Дудника, А.Ю. Стоклицкого, В.В. Ушинина, И.И. Деревянко, Д.В. Кучевецкого, Г.С. Парадизова, И.И. Скоморовского, И.И. Чистякова, а также В.Я. Терещенко (Орехово-Зуевское КБ).

Наибольший вклад в испытания шлюза и скафандра БЕРКУТ внесли Б.В. Михайлов, В.И. Сверщек, Д.И. Сендик и другие. Анализ теплового режима изделий осуществляли А.Н. Лившиц, Б.М. Блиев, Г.Т. Шаратов, прочностные расчеты — Н.П. Стрекозов и А.А. Клинов, выбор и испытания неметаллических материалов — З.Б. Ценципер, Д.С. Стоклицкая, Д.С. Абрамова, В.И. Стрельцова и другие.

Следует отметить и работу отдела авиакосмической медицины во главе с А.С. Барером. Особо большой вклад они внесли в обоснование выбора рабочего давления в скафандре с точки зрения предотвращения декомпрессионных расстройств космонавтов.

На рис. 4.2-9 представлена упрощенная организационная структура руководства созданием скафандра и ШК на Звезде. Следует заметить, что в связи с дефицитом времени на создание изделий в отличие от типовой структуры разработки (рис. 14.2-1) было организовано специальное оперативное управление этой работой.

ОКБ-1 осуществило модификацию конструкции корабля *Восход-2*, продиктованную новыми задачами, и разработало для ШК нижнее и верхнее монтажные кольца, а также выходной люк. Работами по кораблю *Восход-2* в ОКБ-1 непосредственно руководил заместитель Главного конструктора П.В. Цыбин. Королев С.П. постоянно контролировал ход работ. Выполнение графиков работ также регулярно проверялось министерством.

Испытания при имитации условий кратковременной невесомости на самолете — летающей лаборатории ЛЛ ТУ-104 (рис. 4.2-10) и тренировки космонавтов проводились в ЛИИ под руководством ведущего инженера Березкина Е.Т.

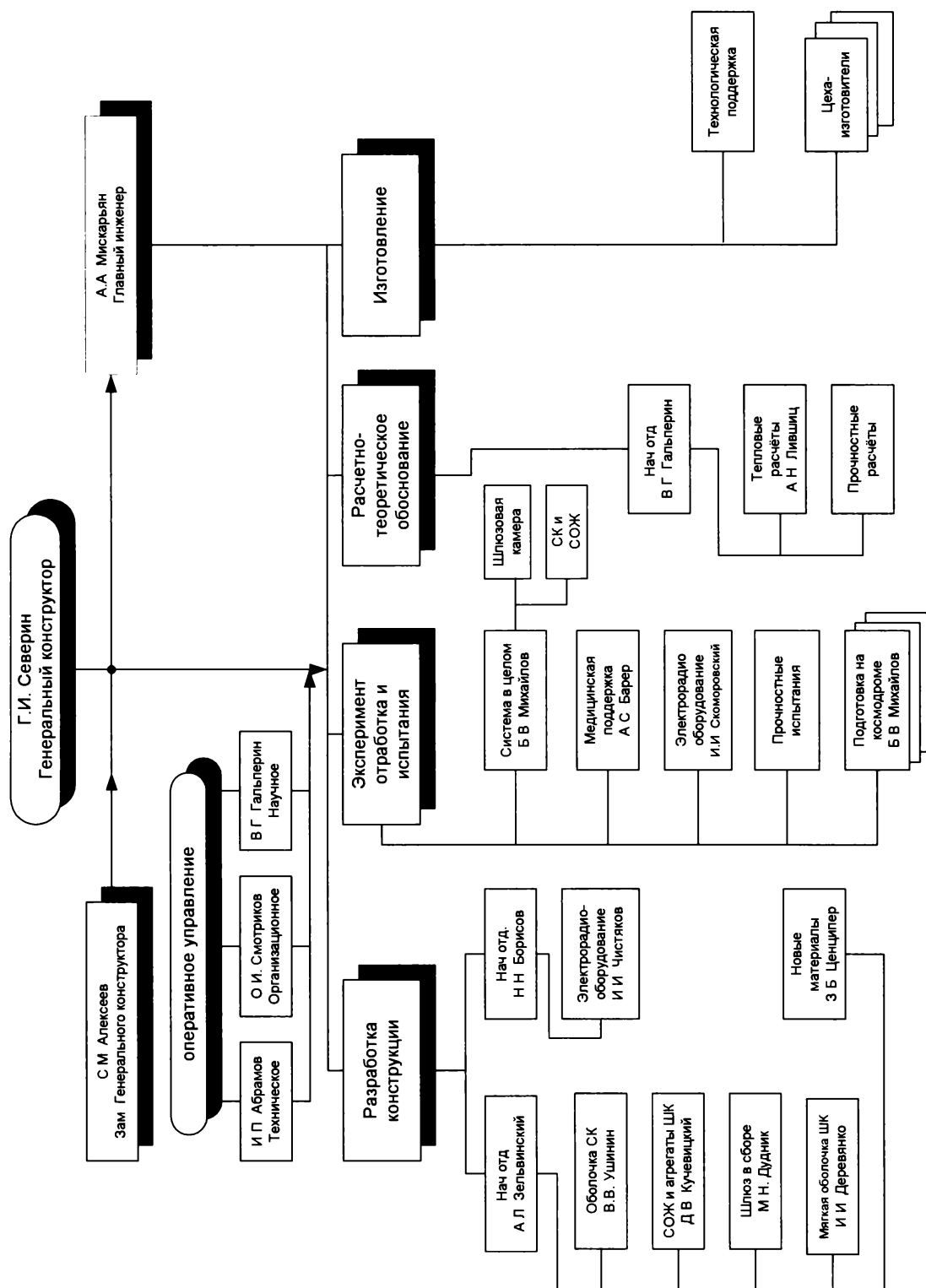


Рис. 4.2-9. Упрощенная структура организации создания скафандра и ШК на Звезде для корабля *Восход-2*



Рис. 4.2-10. Отработка перемещений в скафандре БЕРКУТ в условиях невесомости на летающей лаборатории ТУ-104

Была разработана схема работы ШК и последовательность проведения операций по шлюзованию и выходу в космос. Ниже в укрупненном виде перечислены основные этапы этих работ (рис. 4.2-11).

1. Исходное состояние (старт корабля и орбитальный полет, СА — герметичен):
 - 2 космонавта в скафандрах находятся в штатных креслах, шлемы СК закрыты или открыты, работает штатная вентиляция скафандров от бортовой системы (по аналогии с работой на КК *Восток*);
 - шлюз удерживается в сложенном состоянии, его внутренняя полость сообщается с внешней атмосферой через специальный клапан (с целью предотвращения создания избыточного давления внутри сложенного ШК);
 - подготовка к выходу: проверка исходного состояния и включение электропитания на системы ШК; расправление ШК и наполнение азробалок (путем подачи команды на пирозамки, удерживающие ШК в сложенном состоянии и включением подачи воздуха в азробалки).
2. Наддув ШК и одевание ранца:
 - наддув ШК путем открытия клапана, соединяющего внутренние объемы СА и ШК (для выравнивания давлений между ними до величины порядка 700 гПа); при недостатке воздуха включается система наддува шлюза и давление в обоих объемах возрастает до 700 гПа. Такая величина давления снижает нагрузку на оболочку ШК (по соображениям прочности) и допустима для членов экипажа без включения подачи кислорода;
 - одевание ранца.

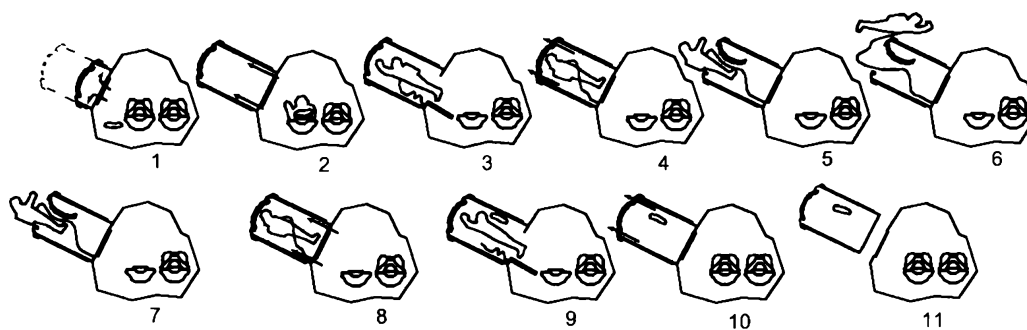


Рис. 4.2-11. Последовательность работы ШК КК *Восход-2*

3. Открытие люка СА-ШК, подсоединение к скафандру «выходящего» космонавта шланга кислородной системы ШК и ее включение:
 - отсоединение космонавта от бортовой системы СА;
 - проверка герметичности СК при работе от кислородного шланга ШК.
4. Переход в ШК, закрытие люка СА-ШК и сброс давления в ШК:
 - открытие клапана сброса;
 - переход на кислородное питание от ранца.

При сбросе давления в ШК в скафандре автоматически создается необходимое избыточное давление.
- 5, 6. Открытие выходного люка ШК и выход в открытый космос:
 - осуществляется подача кислорода из ранца в скафандр;
 - дублирование подачи кислорода по шлангу от запасов газа в ШК, рассчитанных примерно на 80 минут работы.
- 7, 8. Вход в ШК, закрытие выходного люка и наддув ШК:
 - время наддува ШК от запасов воздуха ШК — 7–9 минут (до безопасной величины, равной давлению в скафандре 400 гПа — 1,5–2 минуты); на случай незакрытия клапана наддува шлюз имеет предохранительный клапан, открывающийся при давлении 800–850 гПа;
 - выравнивание давления между СА и ШК.
9. Открытие люка СА-ШК, вход в СА:
 - снятие ранца (остается в ШК);
 - открытие люка СА-ШК;
 - подстыковка скафандра к бортовой СОЖ.
10. Закрытие люка СА-ШК (после отсоединения от шланга ШК), сброс давления из ШК.
11. Отделение ШК от СА (отстрел ШК).
12. Повышение давления в СА: включение подачи воздуха из запасов воздуха автономной бортовой СОЖ скафандра, размещенного на приборном отсеке; при этом газ через скафандр поступает в



Рис. 4.2-12. Шлюзовая камера космического корабля *Восход-2*

кабину, в которой давление повышается до нормального земного давления.

После этого подача воздуха выключается, и скафандры переходят в режим штатной работы в загерметизированной кабине. Длительность всех вышеописанных операций от момента перепуска газа из СА в ШК до закрытия люка СА равнялось примерно 1 ч. 40 мин.

На участке спуска после отделения приборного отсека кислородное питание скафандров (в случае разгерметизации СА) осуществлялось от размещенного в СА специального баллона, подача газа из которого включалась автоматически.

С целью безопасности приземления на высоте порядка 1,5 км остаток кислорода из баллона СА сбрасывался в окружающую атмосферу.

Размещение ШК на спускаемом аппарате *Восход-2* показано на рис. 4.2-12.



Рис. 4.3-1. Один из участников группы Г. Петрушин готовит на Байконуре скафандры БЕРКУТ к полету

4.3. Полет корабля *Восход-2*

На космодроме подготовку систем Звезды к полету осуществляла большая группа специалистов под руководством Б. В. Михайлова (рис. 4.3-1).

Во время подготовки и полета корабля *Восход-2* произошло несколько довольно серьезных нештатных ситуаций, напрямую связанных с работой описываемых в этом разделе изделий Звезды.

Полету корабля *Восход-2* предшествовал полет 22 февраля беспилотного корабля *Космос-57*, на котором были установлены ШК и имитатор скафандра БЕРКУТ. Программой полета предусматривалось осуществить на орбите полную имитацию работы шлюза, системы шлюзования и наддув скафандра по командам с Земли. За несколько дней до этого полета при проверках летного шлюза корабля *Восход-2* на космодроме было обнаружено, что выходной люк ШК при отсутствии перепада давления может быть неплотно прикрытым, что было определено по размыканию контакта, контролирующего его закрытие. В результате в программе, управляющей работой шлюза, мог произойти сбой (неоткрытие люка). Об этом представителями Звезды было доложено С. П. Королеву, который тут же собрал совещание заинтересованных специалистов. Было предложено на всякий случай подать дополнительную команду на закрытие люка с одного из дальневосточных



Рис. 4.3-2. Ю.А. Гагарин провожает П. Беляева и А. Леонова на автобус для поездки на старт

командно-измерительных пунктов и продублировать ее со следующего ближайшего пункта. Это решение было принято 19 февраля 1965 года, несмотря на возражения некоторых представителей службы управления полетом, которые опасались вносить какие-либо изменения в программу работы всего за несколько дней до пуска.

Во время испытательного полета *Космоса-57*, когда половина программы была выполнена, связь с кораблем прекратилась. По результатам последующего анализа телеметрической информации было определено, что при одновременной подаче одинаковой команды на закрытие люка ШК с 2-х пунктов на борт корабля прошла другая команда — на его аварийный подрыв. Хотя программа полета не была полностью выполнена, основная часть операций по ШК и скафандру была проведена, что явилось подтверждением работоспособности изделий. Было решено дополнительно проверить только операцию по отстрелу шлюза, которая не была выполнена в полете *Космоса-57*. Это было выполнено на макете ШК, установленном на подготовленном к полету корабле *Космос-59* 7 марта 1965 г. После этого полет КК *Восход-2* был разрешен.

Утром 18 марта 1965 года П. Беляев и А. Леонов в лаборатории Звезды на Байконуре были облачены в скафандры и отвезены на старт для посадки (рис. 4.3-2 и 4.3-3).

Проведение операций по выходу в космос было запланировано буквально на следующем витке после выведения корабля на орбиту 18 марта 1965 года. С. П. Королев придавал очень большое значение этой операции и с целью оперативного решения вопросов (при необходимости) просил Г. И. Северина вместе с И. П. Абрамовым находиться на стартовой позиции в бункере в помещении рядом с пунктом управления запуском корабля. Там же в это время находился и Председатель Госкомиссии Г. А. Тюлин.

Следует отметить, что в то время еще не было Центра управления полетами (в нашем сегодняшнем понимании), поэтому вся поступающая с пунктов слежения важная информация немедленно передавалась в виде докладов руководству полетом.

Выход в космос осуществлялся полностью в соответствии с подготовленной программой. На основании последующего анализа телеметрической информации и доклада экипажа можно отметить лишь следующие особенности: значительное повышение частоты сердечных сокращений у А. Леонова в связи с возникшими у него трудностями при обратном входе в шлюз. Некоторые журналисты, описывая эту ситуацию, говорят о сильном раздутии скафандра, что неверно. Скафандр при рабочем избыточном давлении 400 гПа имеет определенные размеры, одинаковые как в вакууме, так и в наземных условиях. А. Леонов для облегчения входа в шлюз правильно снизил давление в скафандре до 270 гПа, что несколько уменьшило усилия для сгибания оболочки скафандра.

В целом же возникшие трудности можно объяснить тем, что методика входа в шлюз была недостаточна отработана в наземных условиях (ведь при тренировках на самолете невесомость длилась лишь несколько десятков секунд, а тренировки в скафандре в гидролаборатории тогда еще не проводились). Кроме того, как неоднократно рассказывал после полета сам А. Леонов, он пытался войти в шлюз вперед головой, а не ногами как отрабатывалось на Земле, в результате чего ему пришлось уже внутри шлюза переворачиваться для входа в СА. Эти затруднения могут быть объяснены необычными условиями открытого космоса и невесомости, которых не было при наземных испытаниях. Леонов также доложил о трудностях при перемещении, так как он держал в руках кинокамеру.

Комбинацией необычных условий невесомости и открытого космоса, отсутствующих при наземной отработке, можно объяснить и тот факт, что А. Леонов не сумел дотянуться до тросика включения фотоаппарата, размещенного на скафандре (это хорошо видно на кадрах киносъемки, сделанных киноаппаратом, смонтированным на шлюзе (см. рис. 4.2-2). Этот киноаппарат А. Леонов снял и вернул на Землю.

Следующая нештатная ситуация: уже после осуществления выхода в открытый космос один из космонавтов при перемещении внутри СА случайно включил подачу воздуха из автономного запаса газа в скафандр, что привело к значительному росту давления в кабине. На «Земле» была некоторая паника, пока не разобрались в чем дело.



Рис. 4.3-3. С. П. Королев дает последние напутствия П. Беляеву перед посадкой в корабль

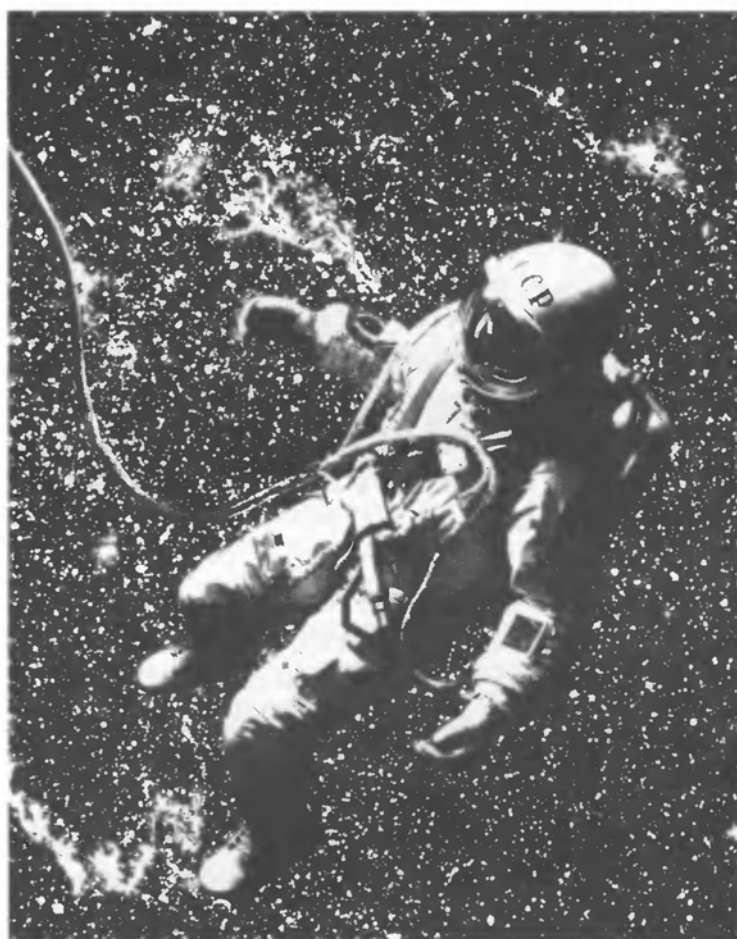


Рис. 4.3-4. А. А. Леонов во время осуществления первого выхода в космос 18 марта 1965 г. (рисунок)



Рис. 4.3-5. Фото А.А. Леонова с дарственной надписью коллективу конструкторского отдела Звезды за разработку БЕРКУТА и ВОЛГИ

И, наконец, из-за сбоя в системе ориентации корабля космонавты были вынуждены вручную посадить корабль и, как известно, попали в заснеженную тайгу. При этом экипаж на деле использовал скафандры и носимый аварийный запас для обеспечения своей жизнедеятельности после посадки в безлюдной местности в течение до 2-х суток.

В целом же на корабле *Восход-2* был успешно осуществлен первый в мире выход человека в открытое космическое пространство (рис. 4.3-4), что было выдающимся достижением и дало толчок дальнейшим исследованиям в области создания средств для внекорабельной деятельности космонавтов. В частности, были получены ценные данные по двигательной деятельности человека в безопорном пространстве, что было учтено при подготовке экипажей для последующих полетов.

Следует отметить оперативность и энтузиазм, с которыми выполнялась всеми сотрудниками Звезды разработка и экспериментальная отработка



Рис. 4.3-6. Митинг на Звезде, посвященный встрече с А. Леоновым и П. Беляевым. На трибуне в первом ряду (слева направо) — А. А. Мискарьян, Г. И. Северин, С. М. Алексеев, А. А. Леонов, В. И. Харченко, П. И. Беляев, Н. П. Каманин, М. Л. Галлай и другие

систем для обеспечения первого выхода человека в космос. Ведь с момента подписания технического задания на ШК и скафандр 9 июня 1964 г. до даты выхода в космос А. Леонова 18 марта 1965 г. прошло всего 9 месяцев. Это было отмечено и на торжественной встрече коллектива Звезды с космонавтами, состоявшейся вскоре после полета (рис. 4.3-5 и 4.3-6).

Скафандр для выхода в космос из КК *Союз-4* и *Союз-5*

5.1. Введение

В соответствии с Постановлением Правительства от 16.04.62 г. и ТЗ ОКБ-1, полученным еще в ноябре 1961 г., уже в 1962 году на Звезде началась проработка спасательного скафандра, системы удаления отходов, а также легкой катапультной конструкции для космического корабля 7К, предназначенного для облета Луны (проект «Союз»). Были проведены исследования на макетах и разработан эскизный проект изделий.

В сентябре 1962 года в связи с изменением назначения корабля (вместо облета Луны корабль 7К-ОК предназначался для решения проблем стыковки и сближения на ОИСЗ) от ОКБ-1 были получены новые ТЗ, кардинально изменившие направление работ. Вместо спасательного скафандра было получено ТЗ на специальную полетную одежду.

После объединения усилий ОКБ-1 и фирмы В.Н. Челомея по созданию системы для облета Луны (программа Л1) в 1965 году появилась модификация пилотируемого корабля 7К-Л1, которая по составу систем Звезды была аналогична 7К-ОК. 27.04.66 г. по этому вопросу было выпущено соответствующее Решение.

5.2. Скафандр ЯСТРЕБ для программы «Союз»

В конце 1964 года С.П. Королевым было принято решение о стыковке на орбите двух кораблей *Союз*, а в начале 1965 года Научно-технический Совет Министерства общего машиностроения по его предложению принимает решение о переориентации кораблей 7К на орбитальные полеты. При этом в соответствии с проектной документацией ОКБ-1 спасательные скафандры для защиты экипажа в случае разгерметизации кабины также не предусматривались (несмотря на настоятельные просьбы специалистов Звезды и ВВС).

После успешного первого выхода А. Леонова 18 марта 1965 г. в июне 1965 года от ОКБ-1 получено техническое задание, а 18 августа 1965 года было выпущено правительственное Решение об отработке на кораблях *Союз* возможности перехода экипажа из одного корабля в другой через открытый космос. Эта операция требовалась по одной из схем облета Луны — пересадке на орбите ИСЗ из транспортного корабля типа *Союз* в корабль, направляющийся к Луне.



(а)



(б)

Рис. 5.2-1. Общий вид скафандра ЯСТРЕБ с ранцем РВР-1 (а) и РВР-1П (б).
Испытатели В. Бычков (а) и В. Логвинов (б) — оба — Звезда

Основные отличия в требованиях к скафандру КК *Союз*, которому было присвоено наименование ЯСТРЕБ (рис. 5.2-1 а, б) (по сравнению с требованиями к СК КК *Восход-2*) — это использование скафандра только для выхода в космос с одеванием его в корабле перед выходом, а также увеличение времени работы в нем до 2 часов.

Как обычно в то время сроки создания скафандра были ограничены (применение скафандра планировалось на 1966 год), поэтому проработка началась с оценки наиболее простой системы открытого типа, подобной применяемой на КК *Восход-2*.

Следует отметить, что параллельно с работами по созданию скафандров по программе *Союз* на Звезде велись экспериментальные работы и по другим



Рис. 5.2-2. Общий вид спасательного скафандра СК-III (1962–1963). Испытатель Звезды В. Стариков

скафандрам и системам, связанным и полетами на большие высоты. В частности, это спасательные скафандры с регенерационной системой для ракетоплана (1962 год), прорабатываемого предприятием ОКБ-52 (главный конструктор В. Н. Челомей) и скафандр СК-III (рис. 5.2-2) для самолета-разведчика ЯСТРЕБ (1962–63 гг.), скафандр СКВ с регенерационной системой и возможностью выхода в открытый космос для тяжелого спутника (1961–1965 гг., см. главу 6). В 1965 году начались работы и по созданию изделий для Лунной

программы Л-3 (предусматривающей посадку лунного корабля с человеком на поверхность Луны), о чем будет сказано ниже.

Поэтому, учитывая имеющийся задел разработок по схемам и отдельным элементам перспективных систем в дополнение к схеме открытого типа были рассмотрены еще 3 варианта схем скафандра для выхода из КК *Союз*: замкнутая система с использованием костюма водяного охлаждения (КВО) и 2 замкнутые системы с охлаждением вентилирующим газом, с обеспечением циркуляции газа с помощью вентилятора или с помощью инжектора.

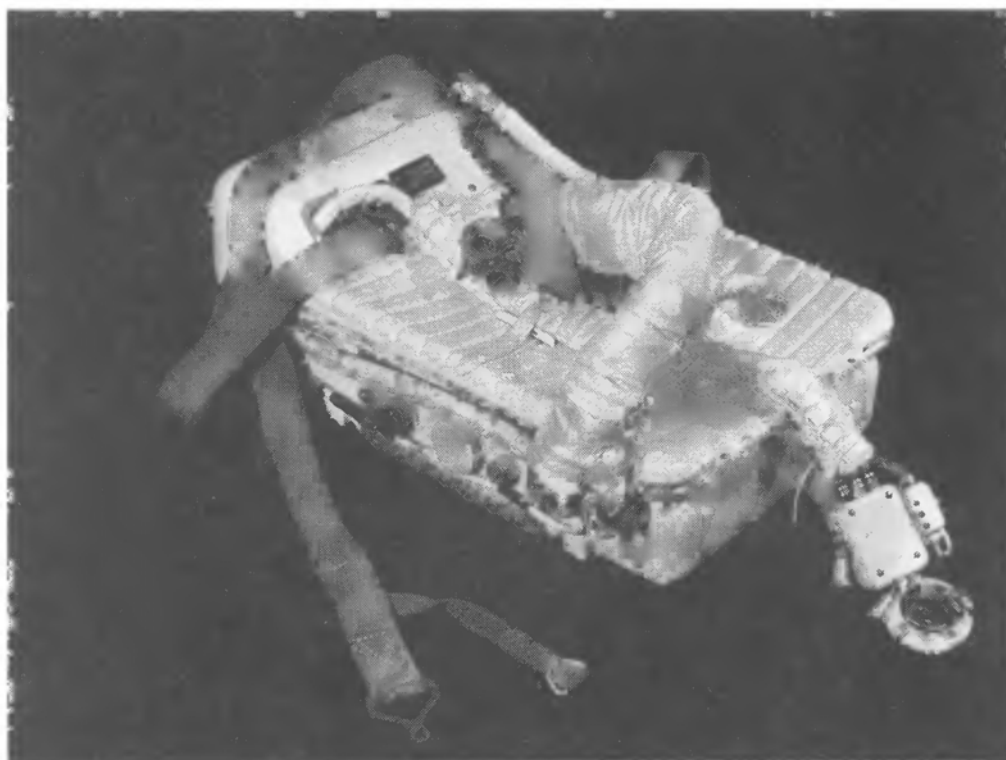
Схема открытого типа на время работы порядка 2-х часов оказалась неприемлемой из-за очень большой массы, так как требовала для обеспечения необходимых тепловых условий космонавту значительного увеличения величины подачи кислорода по сравнению со схемой СОЖ КК *Восход-2*. С этой точки зрения оптимальной была бы схема с использованием КВО, однако она требовала довольно длительной отработки и с учетом относительно небольшого времени работы космонавта в скафандре было решено отложить начало ее применения до разработки скафандра по программе Л-3.

К разработке были приняты оставшиеся 2 варианта ранцевых систем со снятием тепла с человека вентилирующим газом. При этом вариант ранцевой СОЖ с вентилятором в качестве источника циркуляции под названием РВР-1 разрабатывался Звездой (рис. 5.2-3 а, б), а вариант с инжектором под названием РИР (рис. 5.2-4) — в основном СКБ-КДА (г. Орехово-Зуево).

Были изготовлены и испытаны макеты обоих вариантов ранцев. На основании проведенного анализа основным вариантом был принят РВР-1 как более перспективный в случае необходимости дальнейшего увеличения времени работы. Схема РИР'а более простая, однако из-за необходимости расходования большого количества кислорода ее применение было целесообразно только в случае использования бортового запаса газа с подачей его в СК по шлангу, наличие которого на КК *Союз* не предусматривалось.

Как при создании скафандра для этой программы, так и при создании ранца с СОЖ, решался ряд новых проблем. В первую очередь, это уменьшение гидравлического сопротивления системы циркуляции газа в скафандре и в ранце, так как при использовании замкнутой схемы СОЖ длина ее почти удваивается. Применение замкнутой схемы СОЖ потребовало снятия шейной шторки в СК и в связи с этим исследования вопроса по оптимизации направления потока вентиляционного газа: в шлем или в оболочку скафандра. Оба эти варианта имели свои плюсы и минусы, связанные с предотвращением запотевания стекла гермошлема, с наличием в газе продуктов жизнедеятельности человека и др.

Переход к замкнутой схеме потребовал также увеличения герметичности скафандра, обеспечения перед «выходом» продувки скафандра кислородом для удаления азота и создания в нем кислородной атмосферы. При выборе оптимального варианта методики «продувки» (смены газового состава в СК) проведен ряд исследований, в том числе с людьми.



(а)



(б)

Рис. 5.2-3. Ранцевая СОЖ РВР-1П: а) общий вид; б) вид с открытой крышкой ранца



Рис. 5.2-4. Ранцевая СОЖ РИР

Значительные трудности возникли при применении впервые в Советском Союзе давления кислорода в баллоне величиной 42 МПа и соответствующего оборудования для него (баллоны, вентили, редукторы, заправочное оборудование). Необходимо было создать новые конструкции и провести их окончательную сертификацию.

По системе вентиляции и регенерации газа основные проблемы касались вновь создаваемого патрона для поглощения углекислоты и вредных примесей и разработки центробежного вентилятора, работающего в кислородной атмосфере скафандра, при высокой влажности и со значительными колебаниями давления окружающей среды. В целях пожаробезопасности для вентилятора по ТЗ Звезды Всесоюзным научно-исследовательским институтом электромеханики был специально разработан безколлекторный электродвигатель, хотя исследовался и специальный вариант щеточного электродвигателя.

В качестве вещества, поглощающего CO_2 выбрана гидратированная гидроокись лития, прессованная в виде блоков. LiOH по сравнению с другими известными веществами имел наилучшие массовые характеристики и меньшее выделение тепла. Использование веществ, одновременно выделяющих кислород, в данном случае не имело смысла из-за необходимости все равно иметь постоянную подачу кислорода для поддержания избыточного

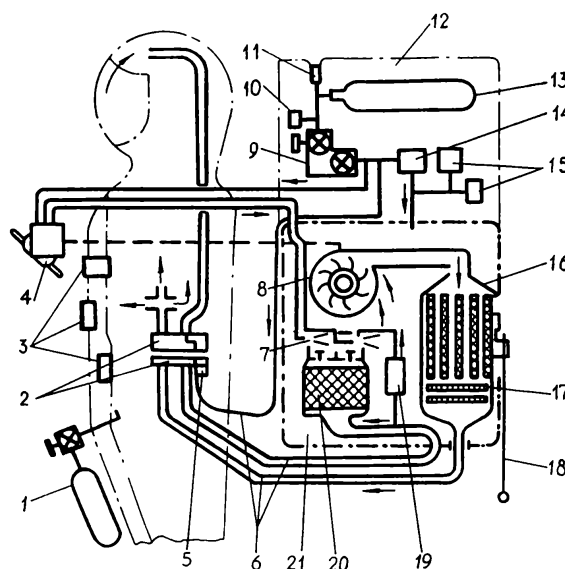


Рис. 5.2-5. Схема СОЖ скафандра ЯСТРЕБ: 1 — аварийный кислородный баллон, 2 — объединенный разъем, 3 — регуляторы давления СК, 4 — блок управления, 5 — устройство для продувки СК, 6 — трубопроводы СК/ранец, 7 — основной и аварийный инжекторы, 8 — центробежный насос, 9 — редуктор с запорным устройством, 10, 15 — датчики давления, 11 — заправочный штуцер, 12 — негерметичная часть, 13 — основной кислородный баллон, 14 — компенсатор аварийных утечек, 16 — испарительный теплообменник, 17 — влагосборник, 18 — клапан включения теплообменника, 19 — блок измерений, 20 — патрон для поглощения CO_2 и вредных примесей, 21 — герметичная часть

давления в скафандре. Разработка поглотительного патрона осуществлялась по ТЗ Звезды сначала в филиале НИИ-404 в г. Электросталь, а позднее — в ТамбовНИИХИ.

При выборе схемы системы терморегулирования анализировалась целесообразность использования всех проработанных к этому времени на Звезде способов отвода и уноса тепла от человека и возможность их реализации в поставленные сроки.

В частности рассматривались способы удаления тепла с помощью радиатора, устанавливаемого на скафандре, аккумулятора холода, различного типа охлаждающих панелей с испарением влаги в вакуум, испарительного или сублимационного теплообменника и даже с использованием полупроводниковой холодильной установки. В конечном счете с учетом сравнительно ограниченного времени работы в космосе и планируемой физической нагрузки космонавтов была выбрана схема уноса тепла вентилирующим газом с использованием в ранце испарительного теплообменника (рис. 5.2-5). Разработка испарительного теплообменника, работающего в условиях невесомости и имеющего минимальные габариты, потребовала проведения большого объема

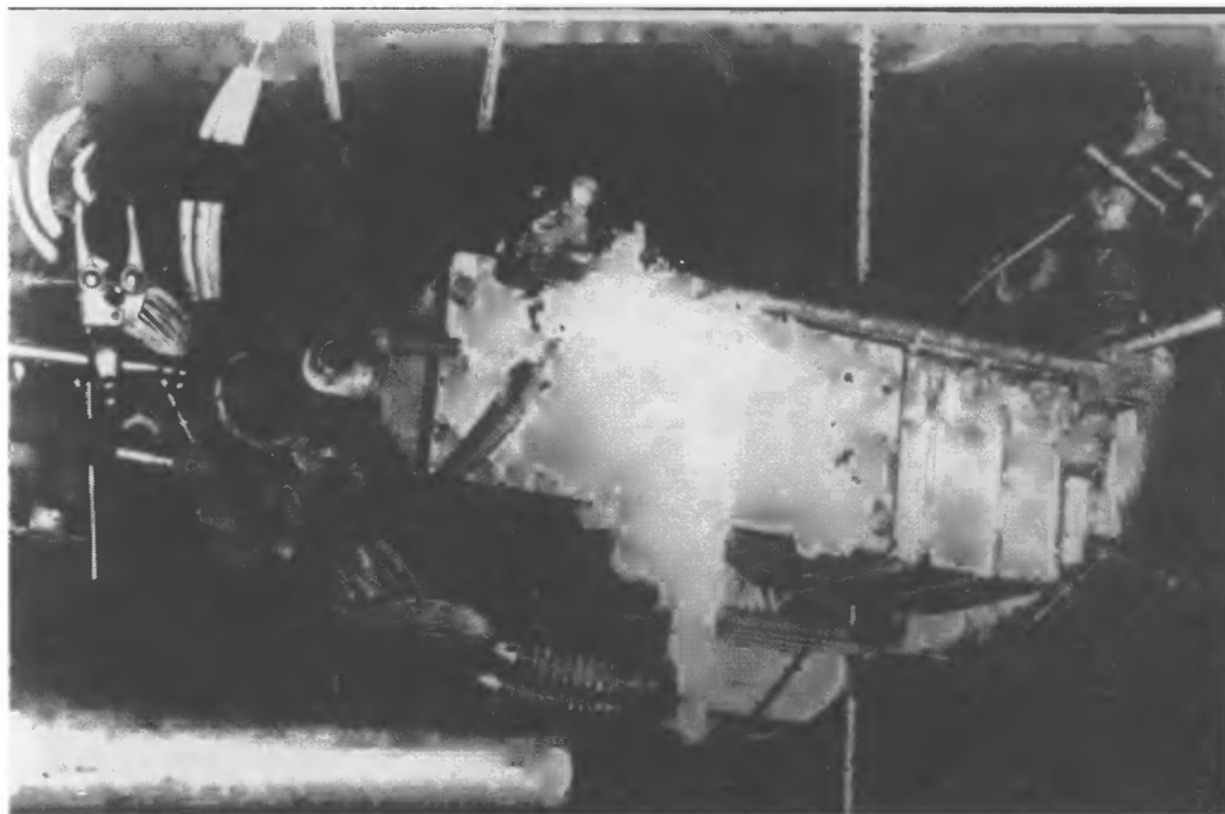


Рис. 5.2-6. Испытания испарительного теплообменника в барокамере

экспериментальных работ и анализа, особенно в части разделения жидкости и пара в условиях невесомости, предотвращения возможности замерзания жидкости на выходе из испарителя в вакуум (рис. 5.2-6). Схема испарителя была предложена и отработана Р.Х. Шариповым с группой инженеров.

Учитывая резкое изменение внешних тепловых условий в космосе в зависимости от пребывания в тени или на солнечной стороне было принято решение использовать как и на скафандре БЕРКУТ теплозащиту в виде экранно-вакуумной изоляции, сводящую к минимуму тепловой поток к скафандру и от него в любых условиях.

По аналогии с конструкцией ранца скафандра СКВ (см. также гл. 6) для РВР-1 с целью упрощения конструкции агрегатов СОЖ и их соединений, а также улучшения теплового режима было решено разместить большую их часть в герметичном ранце, внутренняя полость которого была связана с атмосферой скафандра. В то же время такое решение потребовало осуществления ряда мероприятий по обеспечению пожаробезопасности размещаемых внутри ранца элементов электрооборудования.

Для контроля температур в нескольких точках скафандра и содержания CO_2 в циркулирующем газе Ленинградским СКБ-АП по ТЗ Звезды был разработан специальный измерительный комплекс, который также размещался в герметичной части ранца.

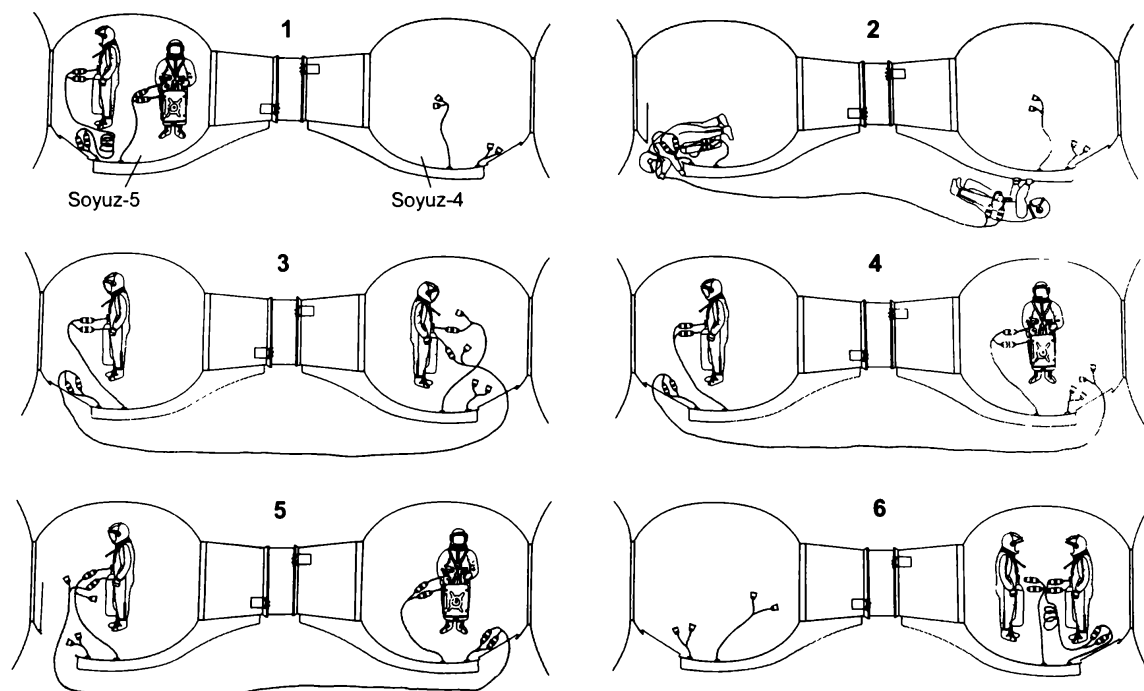


Рис. 5.2-7. Схема перестыковки электрофалов и перехода космонавтов из одного корабля *Союз* в другой через открытый космос (позиции 1–6 показывают последовательность действий экипажа)

Следует отметить, что размещение агрегатов СОЖ в герметичной полости ранца оказалось удачным решением, которое использовалось Звездой и для последующих разработок.

Электропитание, радиосвязь и контроль телеметрических параметров осуществлялись с помощью бортовых систем кораблей по электрофалам. Электросхема СК, ранца и фала давала возможность вести непрерывную радиосвязь при очередной перестыковке электроразъемов с одного фала на другой. Для этого был разработан специальный электроразъем, который легко стыковался и расстыковывался космонавтом в скафандре, находящимся под избыточным давлением. Предложенная оригинальная схема перестыковки электрофалов позволила иметь лишь 1 длинный фал для перехода двух космонавтов (рис. 5.2-7).

Большое значение при разработке системы уделялось обеспечению ее пожаробезопасности и надежности. Для этого дублировались все жизненно-важные элементы скафандра и подсистемы СОЖ. В частности, применены дублирующая гермооболочка скафандра и двойное остекление шлема. Вентиляция дублировалась с помощью инжектора, дублировались электроцепи, предусматривалось наличие аварийной кислородной системы и т. д. Был проведен также огромный объем экспериментальной отработки комплекта, для чего использовалось более 10 изделей.



Рис. 5.2-8. Одевание скафандра ЯСТРЕБ. Испытатель Звезды А. Элбакян

Учитывая новизну разрабатываемой системы, прорабатывался и резервный вариант СОЖ по схеме открытого типа, который мог бы использоваться только при наличии бортового запаса кислорода и подаче газа в СК по шлангу. Схема перестыковки одного и того же шланга от одного космонавта к другому, была аналогична схеме перестыковки электрокабелей.

Оболочка скафандра ЯСТРЕБ (рис. 5.2-8, 5.2-9) была спроектирована на базе СК БЕРКУТ, но с рядом существенных отличий, учитывающих опыт, полученный при выходе А.А. Леонова, а также вызванных изменением методики использования СК и применением замкнутой схемы СОЖ.

Для облегчения одевания в условиях невесомости в бытовом отсеке корабля, имеющего ограниченный объем, оболочка скафандра имела раскрой



Рис. 5.2-9. Регулировка длины рукава СК ЯСТРЕБ.
Испытатель Звезды А. Элбакян

для положения «стоя». Вентиляционный костюм (рис. 5.2-10) был постоянно закреплен на оболочке СК, герметичные манжеты рукавов, как и перчатки, были выполнены съемными, вместо кожаных ботинок использовалась мягкая обувь и др. Был проведен и ряд других изменений: разработан новый светофильтр, который в отличие от светофильтра скафандра БЕРКУТ размещался снаружи шлема, улучшена подвижность рук, разработан малогабаритный разъем коммуникаций (устанавливаемый на оболочке СК), на корпусе СК установлен аварийный кислородный баллон и т.д. Основное рабочее давление в СК — 400 гПа. Также как и в БЕРКУТЕ имелась возможность перехода на пониженное давление 270 гПа, однако схема размещения регуляторов давления на оболочке скафандра была выполнена по-другому.

Отработка скафандра потребовала проведения большого объема испытаний и тренировок (рис. 5.2-11): в термобарокамере Звезды ТБК-30 (рис. 5.2-12 — верхний снимок), в термобарокамере ГК НИИ ВВС (рис. 5.2-12 — нижний снимок) совместно с макетом бытового отсека КК (служащего одновременно и шлюзовой камерой) и на летающей лаборатории ТУ-104 (рис. 5.2-13). Для облегчения прохода космонавтов в скафандре через выходной люк КК (имевший диаметр порядка 600 мм) оказалось целесообразным закрепить



Рис. 5.2-10. Вентиляционный костюм СК ЯСТРЕБ (отшнурован от оболочки скафандра). Испытатель Звезды В. Бычков

ранец с СОЖ не на спине, а спереди на ногах космонавта. Это потребовало соответствующей переделки системы подвески ранца на скафандре. Модифицированному ранцу (рис. 5.2-1) был присвоен индекс РВР-1П («поясной» вариант). Всего с испытателями в скафандрах ЯСТРЕБ проведено 69 «высотных» экспериментов.

Решением Правительства от 27.04.66 г. (упомянутым в гл. 5.1.), скафандры ЯСТРЕБ с ранцем РВР-1П были заказаны и для программы Л-1 (для пересадки на орбите из транспортного корабля 7К-Л1 в корабль, летящий к Луне).

Позже в том же году новым «Решением» было предусмотрено изготовление СК ЯСТРЕБ и РВР-1П и для пилотируемого корабля, разрабатываемого



Рис. 5.2-11. Е. Хрунов и А. Елисеев после очередной тренировки беседуют с Ю. Гагариным, В. Комаровым и В. Быковским

предприятием В.Н. Челомея также для облета Луны, а позднее и для орбитальной станции *Алмаз*.

Был проведен ряд экспериментальных работ и примерок СК ЯСТРЕБ на этих кораблях, однако из-за перехода к работам по программе Л-3 вариант использования скафандров для программы Л-1 не получил дальнейшего развития. Использование СК ЯСТРЕБ на *Алмазе* также не состоялось, так как в 1969 г. он был заменен на СК ОРЛАН.

Всего с 1965 по 1969 год для экспериментальных работ, испытаний, тренировок и летного использования изготовлено 24 скафандра и 18 ранцев.

5.3. Полет кораблей *Союз-4* и *Союз-5*

Окончательная подготовка к полету на КК *Союз* скафандра ЯСТРЕБ и ранца РВР-1П проводилась на космодроме Байконур бригадой Звезды. К апрелю 1967 года все было подготовлено к полету.

К запуску готовились сразу 2 корабля: на первом должен был лететь один космонавт, на втором 3 космонавта, двое из которых должны были в скафандрах перейти в первый корабль через открытый космос.

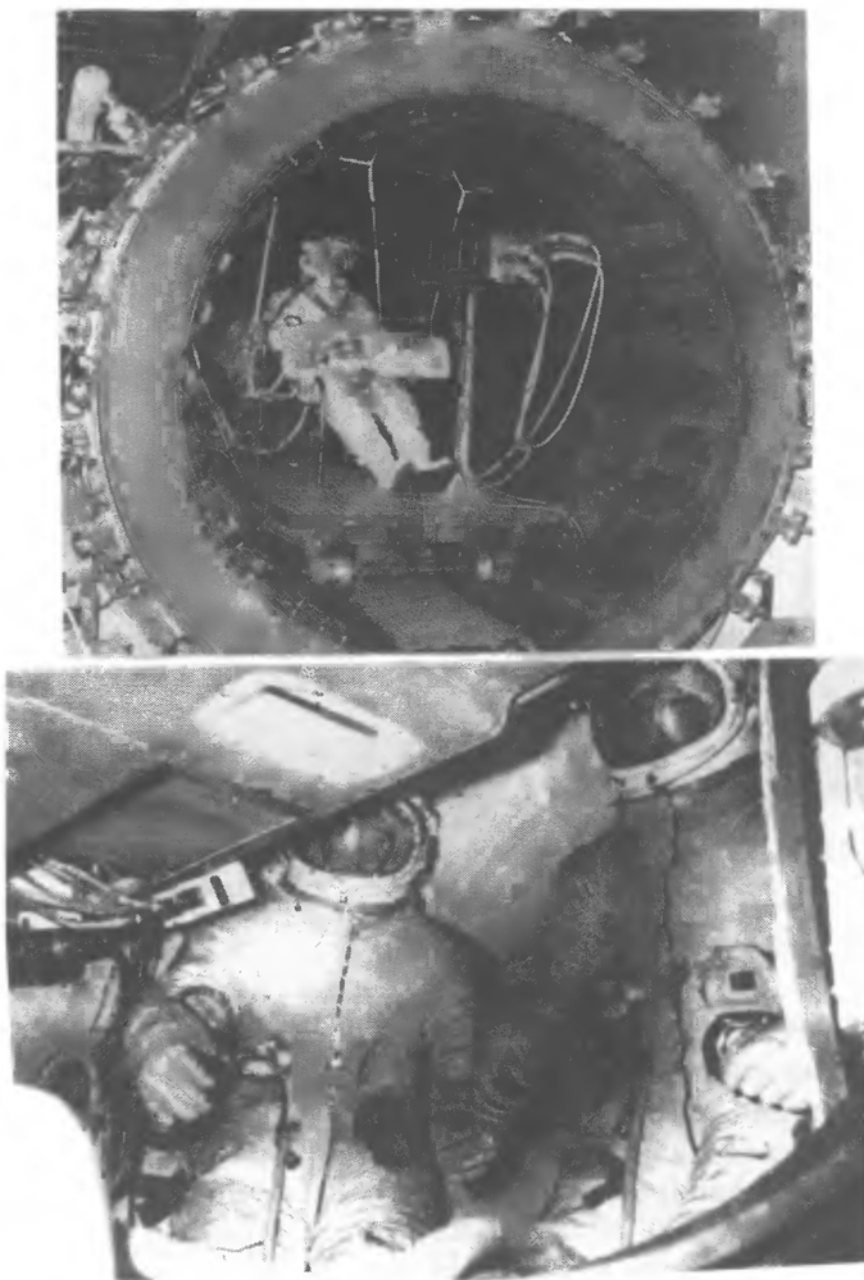


Рис. 5.2-12. Отработка скафандра в термобарокамере: верхний снимок — в камере ТБК-30 на Звезде, нижний снимок — в макете бытового отсека корабля *Союз* в барокамере ГК НИИ ВВС

В связи с серьезными замечаниями, выявленными в полете на борту *Союза-1*, 23 апреля 1967 г. было принято решение о его досрочном спуске и отмене полета второго корабля.

Как известно, космонавт В. М. Комаров погиб при спуске корабля *Союз-1* 24.04.1967 г. из-за неполного раскрытия парашюта. После устранения причин аварии и проведения нескольких беспилотных пусков кораблей (6 пусков серии *Космос*), а также только после полета Г. Т. Берегового на корабле *Союз-3*

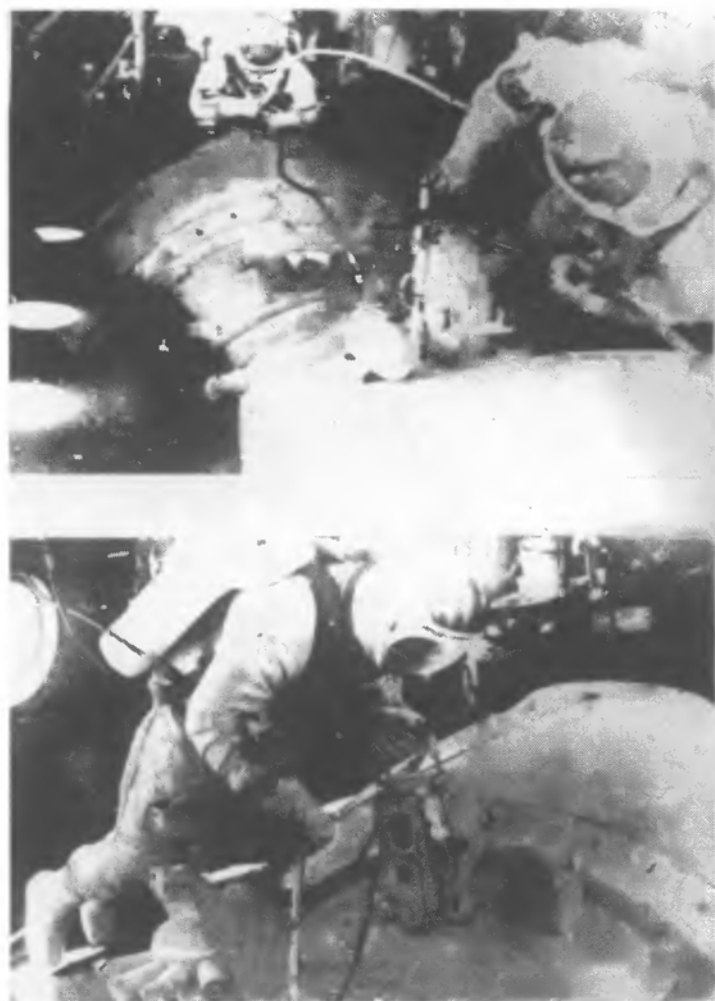


Рис. 5.2-13. Отработка перехода в скафандрах (вариант с наспинным ранцем) из одного корабля *Союз* в другой на летающей лаборатории ТУ-104 в ЛИИ

со стыковкой с беспилотным кораблем *Союз-2* 25–30 октября 1968 г. была подготовлена вторая пара кораблей *Союз-4* и *Союз-5*, на которых планировалось провести ранее не состоявшийся эксперимент по переходу космонавтов из одного корабля в другой через открытый космос.

Подготовка скафандров и ранцев (также как и кораблей) проводилась на запасной пусковой площадке космодрома Байконур в довольно холодных погодных условиях. В помещении для подготовки изделий температура приближалась к нулю градусов. Для того, чтобы не заморозить воду, заливаемую в теплообменник ранца, приходилось обогревать помещение с помощью мощной аэродромной воздухоудовки с подогревателем.

14–18 января 1969 г. полет был успешно выполнен. 17 января 1969 г. космонавты А. С. Елисеев и Е. В. Хрунов перешли из КК *Союз-5* (командир Б. В. Волинов) в корабль *Союз-4* (командир В. А. Шаталов) через открытый космос и затем спустились в этом корабле на Землю. Время пребывания космонавтов в открытом космосе составило 37 минут.



Рис. 5.3-1. Митинг на Звезде, посвященный встрече с космонавтами Е. Хруновым и А. Елисеевым: в первом ряду стоят — Н. П. Каманин, Е. В. Хрунов, Е. А. Иванов, Г. И. Северин, Б. В. Воынов, В. А. Шаталов, А. С. Елисеев

Руководство операциями по стыковке кораблей и выходу в космос осуществлялось на этот раз из Центра управления, размещенного вблизи города Евпатория в Крыму. Туда сразу после запуска корабля *Союз-5* переместилось руководство полетом и группа специалистов, включая представителей Звезды. Там же сосредотачивалась телеметрическая информация о работе систем кораблей, а также скафандров.

Переход экипажа из корабля *Союз-5* в корабль *Союз-4* проходил в соответствии с программой с некоторой задержкой по времени. Как объясняли космонавты после полета, дефицит времени возник из-за того, что некоторые операции в условиях невесомости в полете выполнять труднее, в также из-

за повышения эмоциональной напряженности при выходе в космос. Кроме того, выход был начат на 11 минут позже запланированного времени из-за того, что Е. Хрунов, выходящий первым, при перестыковке на длинный фал ошибочно подсоединил к бортовой системе электропитание не своего скафандра, а А. Елисеева. Почувствовав снижение вентиляции, Е. Хрунову пришлось вернуться в корабль для повторной перестыковки разъемов.

Перемещение космонавтов по внешней поверхности кораблей осуществлялось по специальным жестким поручням с помощью рук. Эта методика в дальнейшем использовалась и при ВКД на орбитальных станциях, хотя в ряде случаев космонавты жаловались на усталость кистей рук и трудность выполнения тонких координированных движений. Были также затруднения в конце выхода с закрытием люка корабля *Союз-4* из-за попадания в него плохо закрепленных плавающих элементов (лямок, фал, разъемов и т. д.).

Во время перехода из *Союза-5* в *Союз-4* из-за того, что портативная камера не была закреплена, она уплыла от космонавтов. В связи с этим фотографий из космоса в процессе ВКД не имеется.

Этот полет дал возможность приобрести дополнительный опыт работы космонавтов в открытом космосе и оценить работоспособность СОЖ скафандра регенерационного типа в натуральных условиях.

Кроме того, переход двух космонавтов через открытый космос подтвердил как возможность такого способа пересадки экипажа из одного корабля в другой, в частности, по программе Н1-Л3, так и возможность проведения спасательных операций в открытом космосе.

Разработка скафандра ЯСТРЕБ и ранца РВР-1П проводились под руководством ведущих конструкторов И. П. Абрамова (СОЖ), А. Ю. Стоклицкого (скафандр) и И. И. Чистякова (электрооборудование) большим коллективом конструкторских отделов с активным участием испытательных отделов под руководством Б. В. Михайлова, В. И. Сверщека и И. И. Скоморовского.

После успешного полета кораблей *Союз-4/5* космонавты 29.01.1969 г. приехали на Звезду в п. Томилино и поблагодарили коллектив за выполненную работу (рис. 5.3-1).

Для последующих полетов кораблей *Союз-7* и *Союз-8* совместно с *Союзом-6* в октябре 1969 года ВКД не планировалась и скафандры для них Звездой не изготавливались.

Скафандры для советской лунной программы

6.1. Экспериментальный скафандр СКВ

СКВ («скафандр для «выхода») является прототипом модификаций полужестких скафандров типов КРЕЧЕТ и ОРЛАН, разработанных впоследствии Звездой для лунной программы ЛЗ и для долговременных орбитальных станций *Салют*, *Мир* и *МКС*.

Проектно-конструкторские проработки по созданию экспериментального скафандра для ВКД были начаты на заводе № 918 на основе Постановления правительства от 23 июня 1960 г. «О создании мощных ракет-носителей, спутников, космических кораблей и освоения космического пространства в 1960-67 гг.». Для выполнения этой работы на заводе № 918 (НПП Звезда) была открыта специальная тема. По указанному Постановлению и последующим приказам МАП срок окончания работы (выпуск эскизного проекта) был установлен на 1965 год.

В апреле 1961 года исполняющим обязанности ведущего конструктора по данной работе был назначен начальник конструкторской бригады А. Ю. Стоклицкий. Проработка СОЖ для этого скафандра проводилась под руководством И. П. Абрамова.

В течение 1961-го года проводилась работа по определению и уточнению исходных данных для проектирования скафандра и его систем, и затем началась проработка технического задания, проект которого был получен от ОКБ-1 (головного разработчика проекта орбитальной тяжелой станции-спутника) в декабре 1961 г. Этим заданием определялись время работы в скафандре 4 часа автономно и 8 часов при жизнеобеспечении от борта, максимальная масса СК не более 85 кг, время одевания не более 5–10 минут. Скафандр должен был комплектоваться установкой для перемещения и маневрирования космонавта в открытом космосе (УПМК, см. гл. 9).

Имевшийся на Звезде к этому времени опыт создания СОЖ скафандров показал, что наиболее полно поставленным требованиям отвечает замкнутая система регенерационного типа.

Был выполнен предварительный тепловой расчет скафандра и агрегатов СОЖ и начато проектирование стендов для испытаний скафандра и его систем. Спроектированы и изготовлены стенд для исследования напряженного состояния мягких материалов оболочки и установка для определения их термического сопротивления, стенд для исследования мягких шарниров скафандра.

В связи с необходимостью решения ряда совершенно новых вопросов, по которым на Звезде не было опыта работы, к их решению был привлечен ряд смежных организаций. Началась разработка ТЗ для них, и в частности:

- по оценке защиты от радиации и метеоритов;
- по исследованию и подбору материалов для скафандра;
- по системам электро- и радиооборудования;
- по созданию поглотителей CO_2 и вредных примесей;
- по созданию элементов УПМК и др.

К созданию кислородного оборудования была традиционно привлечена организация СКБ-КДА (г. Орехово-Зуево).

Основоположник научной космонавтики в России К.Э. Циолковский еще в 1920 году в своей фантастической повести «Вне Земли» впервые выдвинул идею использования скафандра для выхода человека из космической станции в открытый космос. Он говорил, излагая свои мысли от лица одного из героев повести, объясняющего устройство скафандра: «Со временем придется спускаться на планеты, в негодные для дыхания атмосферы... Чтобы жить в пустоте, в разреженном или негодном газе, нужна... специальная одежда... Она облегает все тело с головой, непроницаема для газов и паров, гибка, не массивна, не затрудняет движений тела; она крепка настолько, чтобы выдержать внутреннее давление газов, окружающих тело, — и снабжена в головной части особыми плоскими, отчасти прозрачными для света пластинками, чтобы видеть. Она имеет проницаемую для газов и паров согревающую толстую подкладку, содержит резервуары для сохранения мочи и пр. Она соединяется с особой коробкой, которая выделяет под одежду непрерывно кислород в достаточном количестве. Углекислый газ, пары воды и другие продукты выделения тела поглощаются в других коробках. Газы и пары не престанно циркулируют под одеждой в проницаемой подкладке посредством особых самодействующих насосов. В день нужно не более килограмма кислорода на человека. Всех запасов хватает на восемь часов, и вместе с одеждой они имеют массу не больше 10 килограммов. Но, впрочем. Тут ничто не имеет веса. Скафандр, как видите, даже не обезображивает человека».

Через девять лет, в 1929 году, другой известный ученый в области космонавтики немец Герман Оберт в статье «Wege zur Raumschiffahrt» излагает свою версию космического скафандра жесткого типа.

В 1962 году главное внимание было уделено выбору оптимальной конструктивной схемы скафандра и проблеме его подвижности.

Изучение особенностей и условий предстоящей эксплуатации скафандра для выхода из орбитальной станции, анализ имеющейся в то время литературы (публикации в американской прессе по конструкции и исследованиям скафандров, работы Германа Оберта), а также накопленный на НПП Звезда почти десятилетний (с 1952 года) опыт проектирования, изготовления, испытаний и эксплуатации авиационных скафандров подсказывал, что применение для работы за пределами космического корабля скафандра классической на то время схемы (мягкий скафандр плюс съемный ранец с системой



Рис. 6.1-1. Общий вид одного из первых макетов СКВ

жизнеобеспечения), не является оптимальным решением. Среди основных недостатков этой схемы можно назвать такие, как существенная разница в размерах и форме корпуса скафандра при отсутствии и наличии избыточного давления, сложность надевания-снятия и герметизации оболочки, удлинение (так называемое «вырастание») скафандра при создании избыточного давления за счет деформации ткани и искажения формы оболочки, ограниченный диапазон регулировки корпуса по размерам человека, необходимость и сложность эксплуатации привязной системы ранца, наличие внешних коммуникаций между скафандром и ранцем, сложность размещения органов управления на мягкой оболочке корпуса.

Предпочтительной представлялась конструктивная схема скафандра с жестким корпусом, в который «встроена» система жизнеобеспечения с органами контроля и управления, а рукава с перчатками и оболочки ног выполнены из мягких материалов. Учитывая, что Звезда уже имела большой опыт по разработке скафандров «мягкого» типа, было решено главное внимание на начальном этапе уделить разработке оптимального варианта схемы СК с жестким корпусом. Известные по литературе проекты жесткого скафандра



Рис. 6.1-2. Вход в СКВ (один из первых вариантов)

фирмы Литтон (США) и упомянутого профессора Германа Оберта не удовлетворяли поставленной задаче.

В течение 1962 года был разработан и изготовлен первый макет, на котором были определены в основном форма и габариты жесткого корпуса, в том числе расположение и размеры входного люка, были изготовлены несколько вариантов шарниров, как жестких, так и мягких, основные фрагменты мягких частей оболочки, начаты их испытания (рис. 6.1-1, 6.1-2).

Кроме работ по оболочке скафандра проводилась разработка системы обеспечения жизнедеятельности и отдельных ее компонентов. Был проведен анализ возможных схем автономной СОЖ, отличающихся способами снятия тепла с человека (вентиляционным газом или с помощью костюма водяного охлаждения), побудителями циркуляции газа в скафандре (вентилятор или инжектор), типом поглотителей углекислоты (регенерируемое или нерегенерируемое вещество) и т.д. В результате для дальнейшей отработки была принята замкнутая схема СОЖ, имевшая 3 основных контура (рис. 6.1-3):

- контур обеспечения подачи кислорода для дыхания и компенсации утечек;
- контур вентиляции подскафандрового пространства с целью выноса влаги и углекислоты, а также части метаболического тепла;

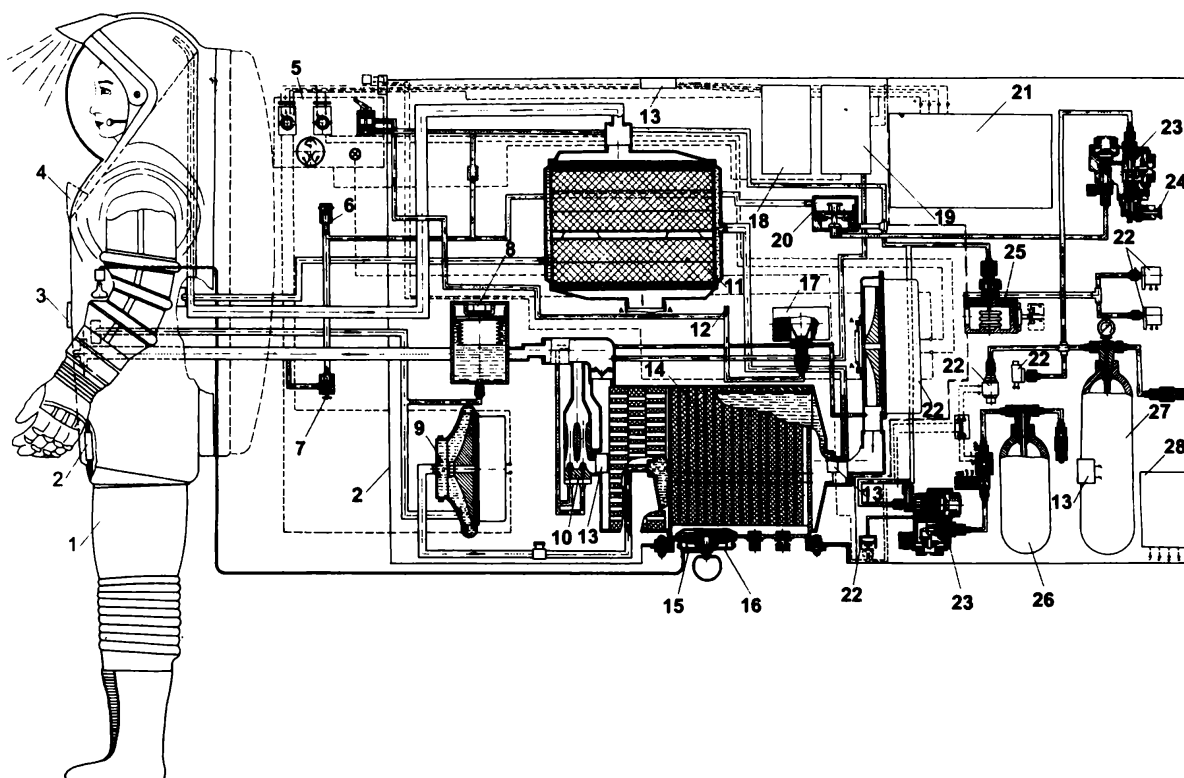


Рис. 6.1-3. Принципиальная схема автономной СОЖ СКВ (копия оригинала):

1 — скафандр; 2 — предохранительный клапан; 3 — регулятор абсолютного давления; 4 — манометр; 5 — пульт управления; 6 — штуцер для подсоединения бортовой системы; 7 — кран для продувки; 8 — гидроаккумулятор; 9 — водяной насос; 10 — инжекторный узел; 11 — поглотительный патрон; 12 — дюза 1,5 л/мин; 13 — датчики температуры; 14, 15, 16 — испарительный теплообменник, чека включения и клапан; 17 — кислородный переключатель; 18 — блок усилителей; 19 — датчик CO_2 ; 20 — блокировочное устройство; 21 — аккумуляторная батарея; 22 — сигнализаторы и датчики давления; 23 — редуктор; 24 — рукоятка ручного включения кислорода; 25 — компенсатор утечек; 26, 27 — резервный и основной кислородные баллоны; 28 — блок телеметрической системы

- контур охлаждения, включающий испарительный теплообменник, водяной насос, водяной ресивер и костюм водяного охлаждения.

Совместно со смежными организациями разрабатывался и проходил экспериментальную отработку ряд агрегатов АСОЖ: вентилятор, поглотительный патрон, кислородный прибор и другие. Кислородный прибор обеспечивал постоянную подачу кислорода в скафандр в количестве штатно 1,5 л/мин и в аварийном случае 24,5 л/мин. Была предусмотрена возможность проверки герметичности и продувки СК.

Был разработан испарительный теплообменник с заполнением межтрубного пространства блоками пенополивинилформала (ПВФ) и с клапаном выпуска пара, который поддерживал в зоне ПВФ абсолютное давление

порядка 6 мм. рт. ст. При выходе из строя вентилятора за счет падения напора автоматически включался инжектор, который при расходе кислорода порядка 3 л/мин обеспечивал вентиляцию шлема объемом 40 л/мин, что было достаточно для уноса углекислоты.

По ТЗ Звезды специальное конструкторское бюро Аналитического приборостроения (СКБ-АП) разрабатывало измерительный комплекс, который обеспечивал контроль по телеметрии содержания в скафандре кислорода и CO_2 , относительной влажности, расхода вентилирующего газа, температуры газа и температуры в 2-х точках поверхности СК.

Предусматривалось иметь в составе скафандра электрорадиооборудование, которое кроме обычных функций обеспечивало бы пеленгацию космонавта с корабля (в комплекте с бортовым оборудованием).

В 1963 году была окончательно утверждена конструктивная схема оболочки скафандра СКВ: жесткий корпус, выполненный заодно со шлемом и имеющий наспинный входной люк, крышкой которого служил ранец с агрегатами СОЖ, и мягкие оболочки конечностей. Впоследствии такой тип скафандра (жесткий корпус и мягкие оболочки конечностей) стали называть полужестким.

Следует отметить, что предложенная уникальная схема входа в скафандр оказалась весьма удачной, что позволило резко упростить процесс надевания скафандра. Эта конструкция используется во всех российских скафандрах полужесткого типа до настоящего времени.

В первоначальном варианте корпус был выполнен полностью жестким (от паха до шлема), плечевые и бедренные шарниры были так называемого жесткого сферического типа (рис. 6.1-1). Разъем между корпусом и ранцем располагался в вертикальной плоскости и включал в себя две фрезерованные рамки из алюминиевого сплава АМГ-6 — рамку корпуса и рамку ранца, — которые были заделаны в стеклопластиковую оболочку скафандра. Рамка корпуса имела в поперечном сечении U-образный профиль, в который был вклеен резиновый шланг герметизации прямоугольного сечения. В рамке ранца имелось ребро (нож), которое нажимало на рабочую часть шланга при закрытии ранца, благодаря чему разъем герметизировался. На шланге имелись отверстия, соединяющие его внутреннюю полость с полостью скафандра, в результате чего при создании давления в СК, шланг дополнительно прижимался к ножу, обеспечивая герметичность.

Рамки разъема соединялись с левой стороны четырьмя петлями, на которых ранец мог поворачиваться как дверь, открывая входной люк (рис. 6.1-2). На рамках имелись 6 замков шомпольного типа, закрытие-открытие которых осуществлялось самим космонавтом в скафандре с помощью ручки рычажного типа, расположенной справа ниже пояса. Для запираания замков космонавт поворачивал ручку против часовой стрелки, в верхнем положении ручка фиксировалась.

По рекомендации специалистов по радиационной защите с целью уменьшения воздействия на космонавта ионизирующего излучения при вы-

ходе в космос в радиационных поясах Земли (по ТЗ высота орбиты равнялась 450 и 36000 км), корпус СК выполнялся из легкоатомного материала — стеклопластика. Отработка технологии и изготовление корпуса из стеклопластика проводились в Научно-исследовательском институте пластмасс по чертежам и оснастке Звезды.

В 1963 году были продолжены технические испытания кислородного оборудования, патрона для поглощения углекислоты РПС-62 (совместно с разработчиком — филиалом НИИ-104), электродвигателя и вентилятора.

В том же году на заседании Межведомственного Научно-технического Совета по космическим исследованиям АН СССР под председательством зам. Главного конструктора ОКБ-1 Бушуева К. Д. Звездой был представлен доклад «Скафандр для выхода космонавта из корабля в космическое пространство», в котором были изложены основные технические проблемы и состояние дел по разработке скафандра. Предложенная конструкция скафандров с жестким корпусом Советом была одобрена.

В 1964 году с учетом результатов испытаний первого макета корпуса были спроектированы и изготовлены 3 образца 2-го варианта макета корпуса СК (рис. 6.2-2 справа). Два были подвергнуты испытаниям на прочность и герметичность, а третий был использован для изготовления действующего макета скафандра.

Продолжались работы по шарнирам и другим узлам оболочки, агрегатам СОЖ, по испытаниям материалов, созданию стендов для испытаний, по УПМК.

Был разработан и испытан 2-ой вариант теплообменника испарительного типа с использованием влагопоглощающего вещества, проведены лабораторные испытания регенерационной СОЖ в целом, испытания на пожаробезопасность системы в среде чистого кислорода.

Этому вопросу уделялось большое внимание, так как при принятой конструктивной схеме скафандра основные агрегаты СОЖ, в том числе электрооборудование, размещались в герметичной полости ранца, связанной с заполненной кислородом внутренней полостью оболочки скафандра.

В 1965 году был спроектирован и изготовлен второй действующий макет СКВ для наземных испытаний, спроектирован и изготовлен первый костюм водяного охлаждения, действующие макеты ряда агрегатов СОЖ, макет УПМК, выполнен большой объем расчетов и исследований ряда узлов и систем скафандра (шарниры, система внутренней вентиляции) и СОЖ (вариант теплообменника сублимационного типа, вентилятор, измерительный комплекс и др.).

Результаты проведенных работ по скафандру СКВ и его системам были изложены в эскизном проекте «Скафандр для выхода космонавта из корабля в космическое пространство», который был отправлен заказчику (ОКБ-1) в декабре 1965 года.

Параллельно с работами по СКВ продолжалось создание и мягкого варианта скафандра для выхода в космос (условное наименование ОРЕЛ) под руководством ведущего конструктора С. П. Уманского.

6.2. Скафандры типа КРЕЧЕТ и ОРЛАН по программе ЛЗ

В середине 1964 года ОКБ-1 наряду с программой облета Луны начало прорабатывать программу экспедиции на Луну на базе ракеты-носителя Н-1 (программа Н1-ЛЗ). 3-го августа 1964 года вышло соответствующее Постановление правительства, которое было впоследствии подтверждено Решением от 10.02.1965 г. и приказами МАП. На основании этих документов Звезде было поручено разработать и поставить Заказчику — ОКБ-1 — скафандры с ранцевыми системами жизнеобеспечения для космонавта, выходящего на поверхность Луны, и для командира корабля, а также систему ассенизации и бортовое оборудование для обеспечения работы скафандра.

Комплекс Л-3 был рассчитан на полет к Луне 2-х человек и включал в себя два обитаемых объекта: лунный корабль ЛК, совершающий посадку и взлет с Луны с одним космонавтом, и лунный орбитальный корабль ЛОК, остающийся на окололунной орбите после отделения от него ЛК и до стыковки с ЛК после завершения работы на Луне. Во время нахождения ЛК на Луне командир корабля должен был находиться в ЛОК'е (рис. 6.2-1).

Это означало, что требования, предъявляемые к двум типам скафандров по назначению и характеристикам различны:

- один для действий на лунной поверхности с пониженной гравитацией и продолжительной автономной работой;
- другой для работы на орбите на фале при нулевой гравитации с коротким временем действия.

В процессе предварительного макетирования рассматривались два варианта лунного скафандра: мягкий со съемным ранцем (заводской шифр ОРЕЛ) и полужесткий со встроенной АСОЖ. Дальнейшие испытания должны были показать, какой из этих вариантов является оптимальным.

Полужесткий лунный скафандр получил название КРЕЧЕТ, а его ранец с АСОЖ — КАСПИЙ. Полужесткий орбитальный скафандр для командира корабля получил название ОРЛАН, а ранец с АСОЖ — СЕЛИГЕР.

Лунный СК должен был позволять космонавту самостоятельно управлять кораблем и «прилуняться» в нем, ходить по поверхности Луны, защищать человека от внешних воздействующих факторов более неблагоприятных, чем те, что действуют на орбите ИСЗ. Поэтому для этого СК было необходимо обеспечить нужную подвижность ног, применить более мощную теплозащиту, ввести второй светофильтр (для пребывания в тени) и т. д.

Высокие требования предъявлялись к надежности скафандра с учетом того, что на поверхность Луны планировался выход лишь одного космонавта.

Автономное время работы в СК было увеличено до 10 часов, рассматривалась возможность непрерывного нахождения космонавта в скафандре в ЛК в нештатной ситуации в течение до 52 часов. Это потребовало ввести в состав СК устройств для питья воды и для сбора или удаления урины и создавало дополнительные трудности при отработке скафандра.

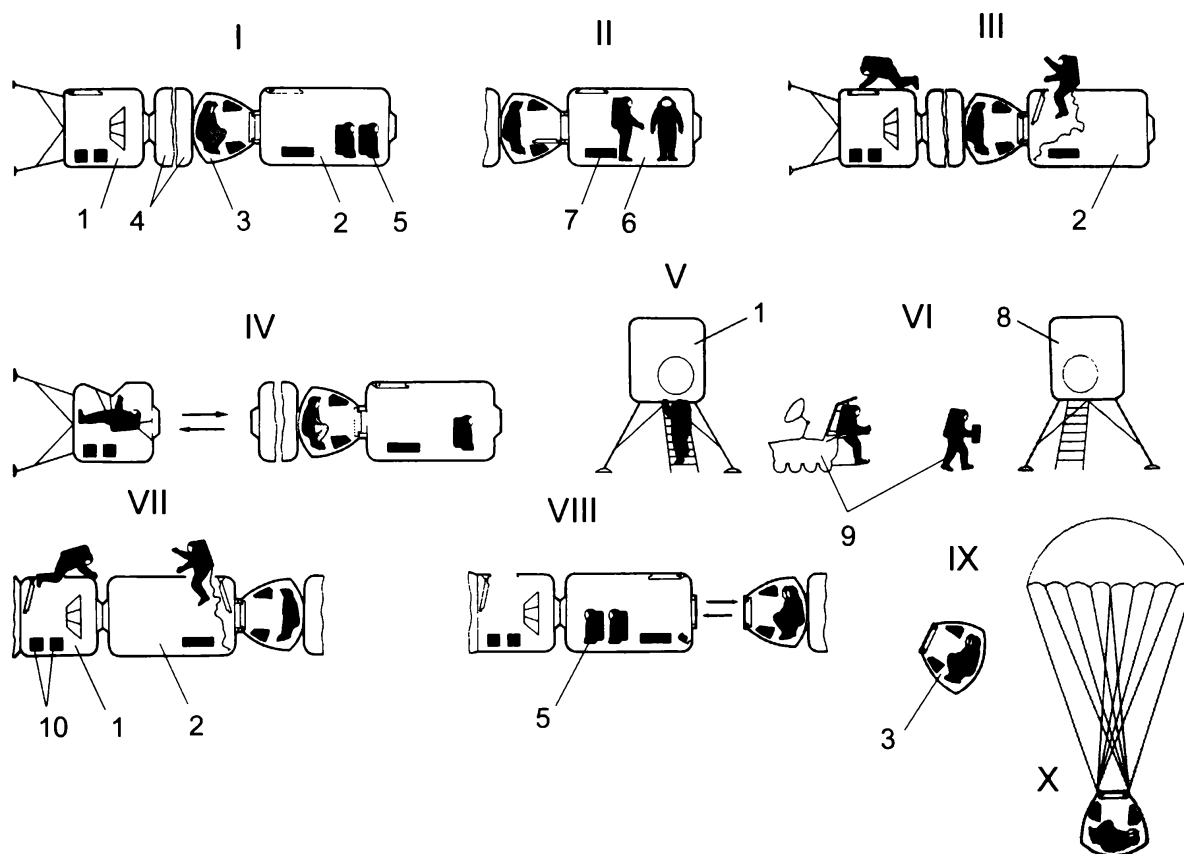


Рис. 6.2-1. Последовательность действий экипажа по программе Л-3 (рисунок на основе оригинального чертежа): 1 — лунный экспедиционный корабль (ЛК); 2 — лунный орбитальный корабль (ЛОК); 3 — спускаемый аппарат (СА); 4 — приборный и агрегатный отсеки; 5 — размещение скафандров (в укладке); 6 — одевание и проверка скафандров; 7 — система для смены газового состава в СК; 8 — резервный ЛК; 9 — переезд на ровере или переход пешком; 10 — блоки стыковки скафандра с бортовой СОЖ и сменные элементы автономной СОЖ

В связи с высокими энерготратами космонавта было необходимо использовать новый метод кондуктивного съема тепла с космонавта с использованием костюма водяного охлаждения (КВО).

Из-за задержки получения технического задания от ОКБ-1 разработка скафандра КРЕЧЕТ практически была начата лишь в 1966 году. Он представлял собой модифицированный скафандр СКВ, действующие макеты которого были изготовлены и испытаны ранее. Необходимость модификации скафандра СКВ диктовалась как уже полученным опытом его изготовления и испытаний, так и требованиями нового технического задания.

Главному изменению была подвергнута конструкция жесткого корпуса. Вместо стеклопластика, примененного для СКВ, оболочка корпуса скафандра КРЕЧЕТ была изготовлена из листового алюминиевого сплава АМГ-3 толщиной 1,2 мм, что позволило снизить массу скафандра на 7 кг. Эта замена стала

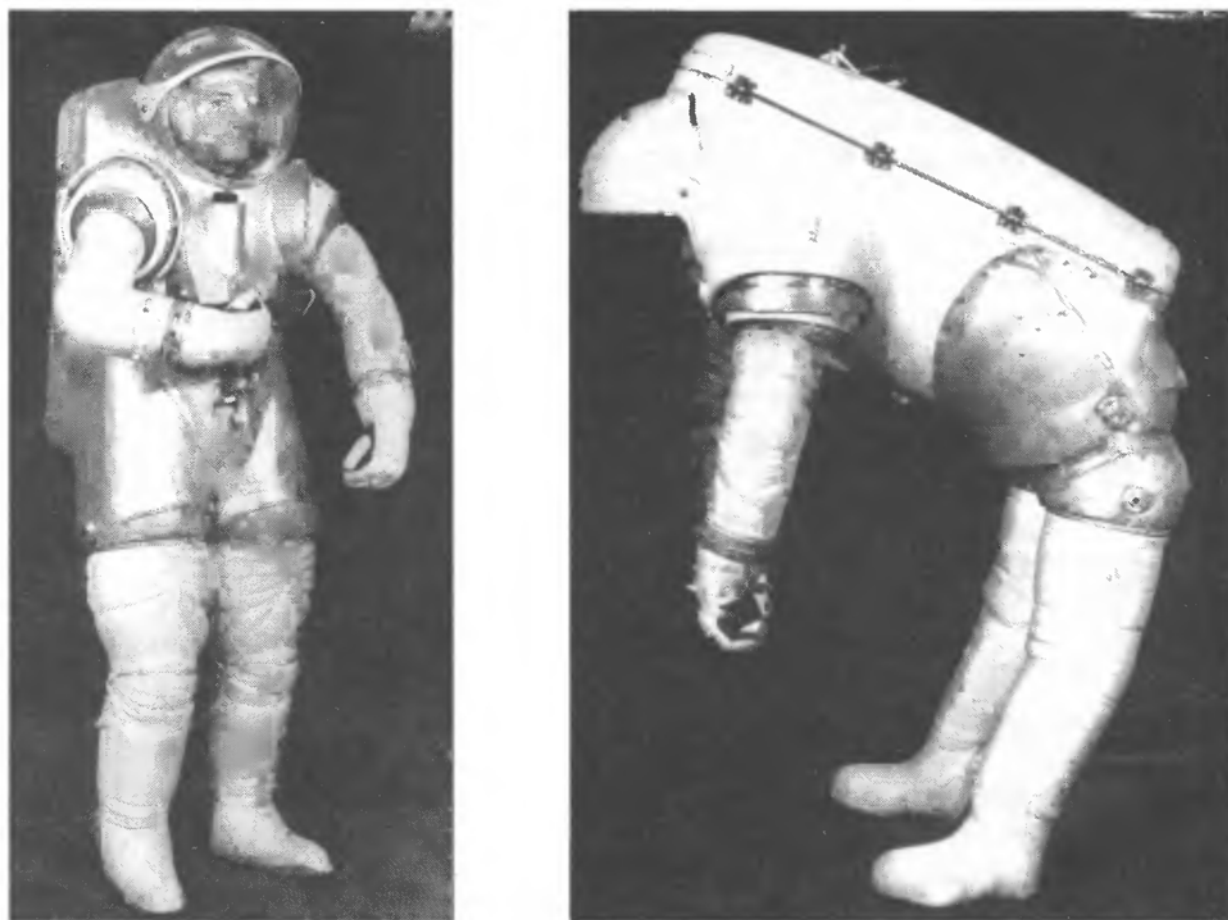


Рис. 6.2-2. Действующие макеты скафандров СКВ и КРЕЧЕТ
(справа макет СКВ с поясным шарниром)

возможной, так как радиационная обстановка на Луне не требовала применения для защиты космонавта оболочки из легкоатомного материала. Кроме того, при замене стеклопластика на сплав АМГ-3 резко улучшалась технологичность и надежность конструкции за счет использования отработанных в авиапромышленности и широко применявшихся на Звезде методов формообразования деталей из алюминиевых сплавов и соединения их с помощью сварки вместо выклеивания оболочки корпуса из стеклопластика.

В 1966 году были разработаны и изготовлены три действующих макета скафандра КРЕЧЕТ с полностью жестким корпусом и с жесткими (сферическими) плечевыми и бедренными шарнирами, а также один макет с поясным шарниром такого же типа (на базе СКВ) (рис. 6.2-2). Спроектирован и изготовлен действующий макет ранца КАСПИЙ для лабораторных физиологических испытаний.

Проведены первые испытания по перемещению (ходьбе) в скафандре, многочисленные примерки с испытателями, имеющими разные антропометрические данные, примерки в макете ЛК, при которых оценивались эксплуатационные и эргономические характеристики скафандра.



Рис. 6.2-3. Макет скафандра КРЕЧЕТ с локтевым гермоподшипником

За время работы над скафандрами СКВ и КРЕЧЕТ было разработано и испытано большое число экспериментальных шарниров различного типа как жестких, так и мягких, в частности, уже упоминавшиеся жесткие сферические шарниры с одной (бедренный, поясной) и двумя (плечевой и кистевой) степенями свободы, жесткий локтевой с наклонным («косым») гермоподшипником (рис. 6.2-3), мягкие шарниры «с корочками» (плечевой и локтевой), мягкие гофрированные шарниры (рукав, оболочка ног), мягкие шарниры перчаток (кистевой и пальцев).

Еще в 1964–65 гг. был разработан и изготовлен специальный стенд для исследования мягких шарниров — кинемометр (рис. 6.2-4) и стенд для исследования мышечных усилий в сочленениях человека. На этих стендах были проведены обширные исследования подвижности мягких шарниров.

Проведенные на первых макетах скафандра КРЕЧЕТ испытания и примерки показали, что его конструкция нуждается в дальнейшей модификации. Поэтому в 1967 году была разработана новая техдокументация и начато изготовление модифицированного лунного скафандра КРЕЧЕТ-94 (индекс «94» означал, что этот скафандр предназначался для ЛК, который имел открытое наименование «Объект 11Ф94»).

Новый (рис. 6.2-5) скафандр существенно отличался от прототипа. Наибольшие изменения были внесены в конструкцию корпуса, бедренных и плечевых шарниров. Так нижняя жесткая часть корпуса ниже пояса была заменена на мягкую оболочку, объединенную с оболочками ног. Она была снабжена регулируемыми по длине тремя силовыми лентами (две по бокам и одна по центру через пах (передний подтяг), что позволило изменять длину

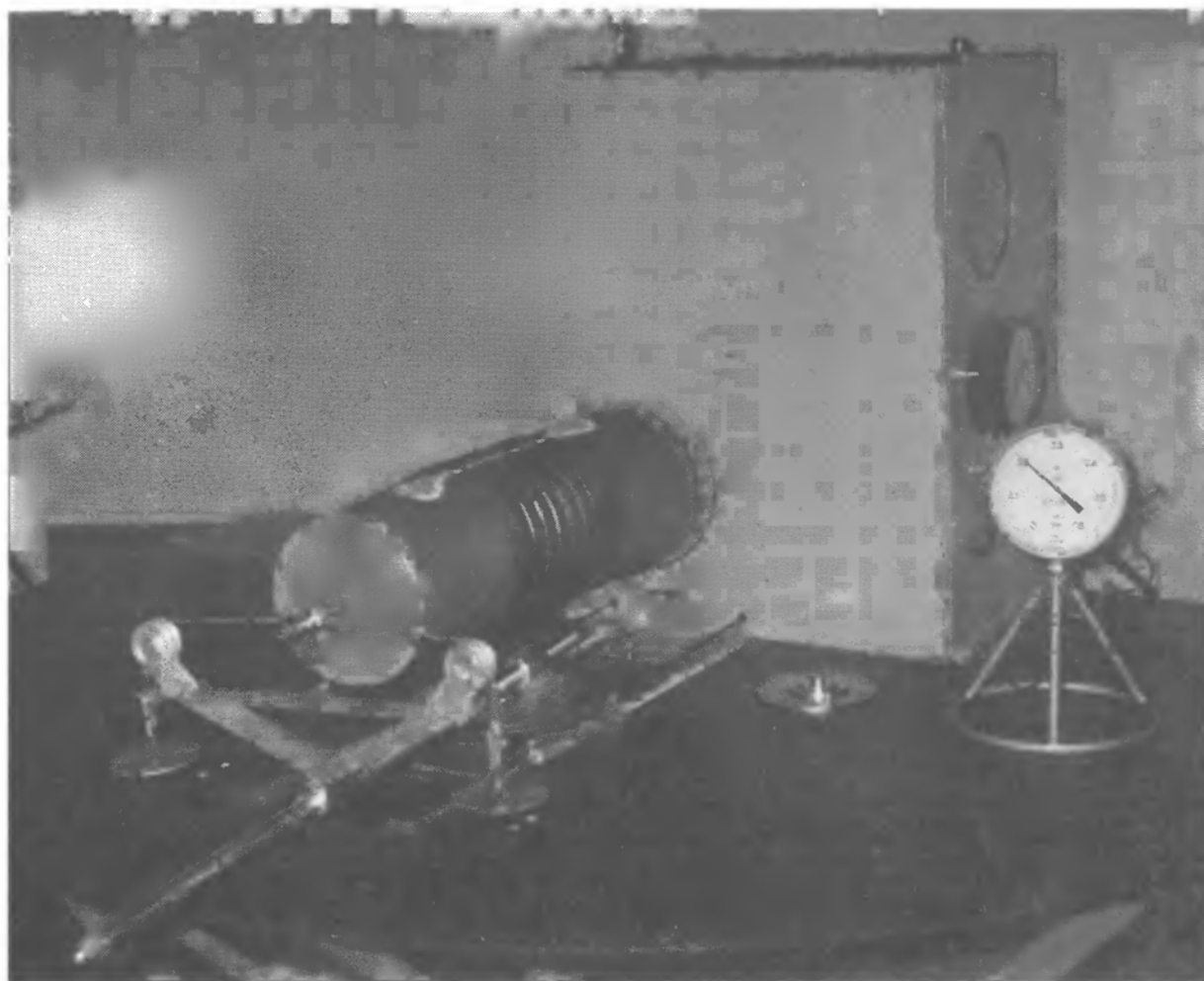


Рис. 6.2-4. Кинемометр для испытаний мягких шарниров

корпуса в широких пределах и существенно расширить антропометрический диапазон космонавтов (рост в пределах 164–182 см).

В скафандре КРЕЧЕТ подгонка полностью жесткого корпуса по росту осуществлялась посредством изменения толщины прокладок на так называемых плечевых упорах, установленных внутри скафандра. Однако при этом изменялось положение головы в шлеме и плечевых суставов относительно пройм рукавов, что отрицательно сказывалось на величине обзора и подвижности рук и как следствие существенно ограничивало антропометрический диапазон скафандра.

Как показали испытания, жесткие (сферические) шарниры в плече и бедре, примененные в скафандре КРЕЧЕТ, хотя и обладали нулевым моментом сопротивления, имели очень маленький диапазон углов отклонения. Кроме того они имели достаточно сложную конструкцию и большую массу. Поэтому в скафандре КРЕЧЕТ-94 вместо двухстепенных сферических плечевых шарниров были применены уже опробованные ранее на авиационных



Рис. 6.2-5. Один из первых вариантов скафандра КРЕЧЕТ-94 (без верхней одежды)

скафандрах плечевые гермоподшипники в сочетании с мягким одноосным плечевым шарниром, а вместо одностепенных сферических бедренных шарниров в сочетании с одноосным мягким — полностью мягкие гофрированные шарниры с двумя степенями свободы.

В конструкцию нового корпуса был введен силовой поясной шпангоут, на котором размещались три силовых элемента (кронштейн с осью спереди и ловители по бокам) для подстыковки скафандра к ответным узлам системы амортизации и фиксации ЛК. Примерки и испытания (рис. 6.2-6) показали, что такая конструкция позволяет космонавту в скафандре под рабочим избыточным давлением самостоятельно отстыковываться и вновь фиксироваться на рабочем месте ЛК и переносить перегрузки прилунения.

С целью повышения надежности скафандра были дополнительно введены резервная (внутренняя) гермооболочка на мягких частях оболочки, второй контур герметизации в разъеме между корпусом и ранцем и в гермоподшипниках, поверх светофильтра на шлеме была установлена защитная каска из стеклопластика. Была модернизирована система закрытия ранца, усовершенствована конструкция рукава и введен ряд изменений в других устройствах скафандра (пульт управления, верхняя одежда, антенно-фидерное устройство и др.).



Рис. 6.2-6. Испытания скафандра КРЕЧЕТ-94 на перегрузки при имитации посадки на Луну на специальном стенде

В 1967 году были изготовлены два экспериментальных образца скафандра КРЕЧЕТ-94 (рис. 6.2-7) и начато изготовление еще трех скафандров. Продолжалась также отработка автономной СОЖ КАСПИЙ для лунного скафандра, построенной на базе СОЖ скафандра СКВ с введением в нее ряда новых узлов и агрегатов (рис. 6.2-8). В частности, проводился большой объем конструкторских работ и исследований по разработке двухконтурного теплообменника сублимационного типа и сепаратора влаги с использованием металлокерамических элементов. Большой вклад в эти работы внесли Ф. В. Кубарь, Б. С. Браверман и ряд других инженеров. В конечном счете, эти работы закончились разработкой конструкций, которые с небольшой модификацией используются в скафандрах типа ОРЛАН и в настоящее время.

В состав электрорадиооборудования скафандра входили кроме электроагрегатов СОЖ, радиотелеметрическая система ЗАРНИЦА, антенно-фидерное устройство, автономный источник электропитания, пульт управления системами (рис. 6.2-9). Собственно антенна представляла собой два вибратора, размещенных на поролоне на задней поверхности скафандра на расстоянии порядка 50 мм от металлического корпуса ранца.

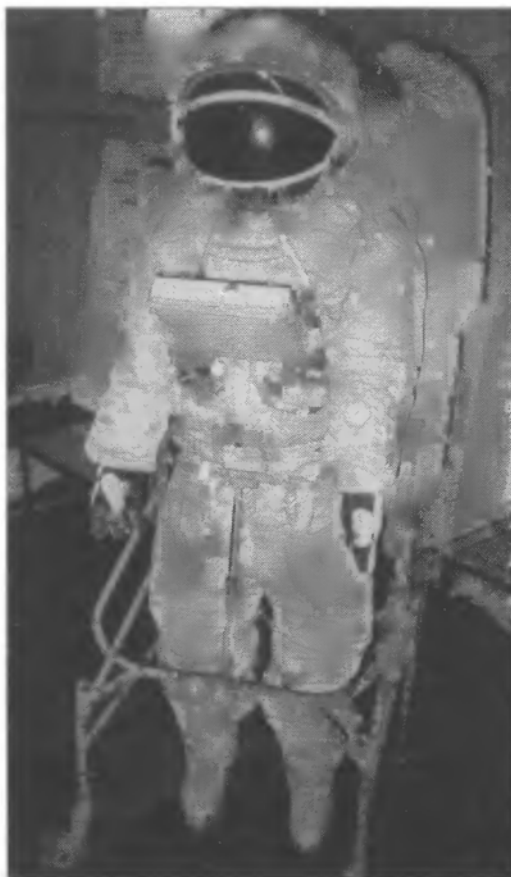


Рис. 6.2-7. Общий вид скафандра КРЕЧЕТ-94

Во время пребывания в ЛК жизнеобеспечение космонавта в СК КРЕЧЕТ обеспечивалось за счет бортовой СОЖ, в состав которой входил разработанный Звездой блок стыковки Б-2М, соединяемый со скафандром через жгут шлангов (рис. 6.2-10).

Проведенная в 1968 году макетная комиссия, а затем расширенное заседание научно-технического совета Звезды приняли решение считать основным вариантом лунного скафандра — скафандр полужесткого типа КРЕЧЕТ-94.

Правильность выбора такого типа скафандра впоследствии была подтверждена всем опытом проведения ВКД на орбитальных станциях. Следует отметить, что в то время и на Звезде были противники такого решения, в частности, заместитель Г.И. Северина С.М. Алексеев. Они считали более правильным идти по уже проторенному пути использования «мягкого» скафандра (аналогичного американскому скафандру Аполлон).

Подобного мнения придерживался и генерал Каманин Н.П. Судя по его воспоминаниям [Каманин, т. III, 1997] скафандр КРЕЧЕТ-94 во время посещения Звезды показался ему слишком громоздким. Он считал правильным упростить программу первого полета на Луну (снизить время пребывания



Рис. 6.2-8. Ранец КАСПИЙ скафандра КРЕЧЕТ-94

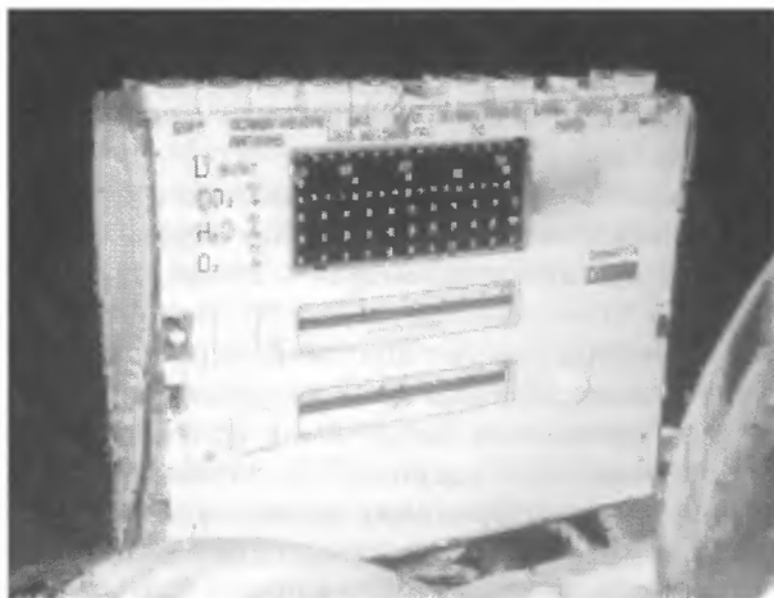


Рис. 6.2-9. Нагрудный пульт скафандра КРЕЧЕТ-94

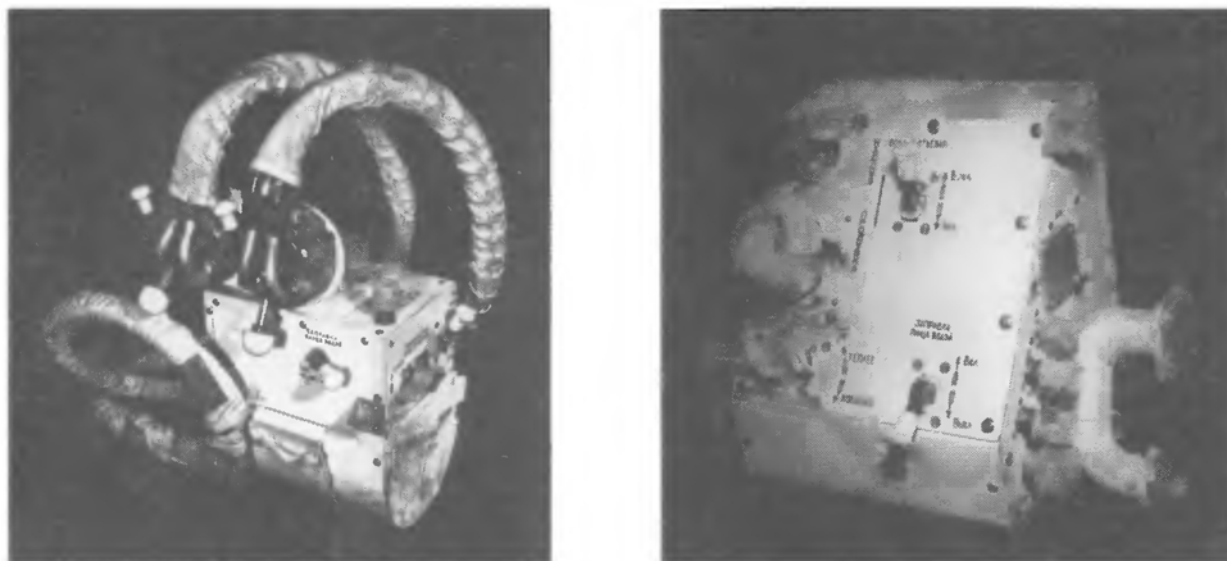


Рис. 6.2-10. Общий вид бортовых блоков стыковки: Б-1М (в Лок'е — слева) и Б-2М (в ЛК - справа).

космонавта в скафандре и исключить возможность длительного перехода пешком) и использовать в качестве лунного скафандра модификацию скафандра БЕРКУТ. Однако программа экспедиции определялась не Звездой, а о возможностях того или иного типа скафандров генерал Каманин, к сожалению, не был достаточно информирован.

По мнению большинства специалистов Звезды «мягкий» тип скафандра для ВКД мог иметь преимущество лишь в случае использования его и как спасательного. А это в данном случае не требовалось. Более того, «мягкий» тип скафандра вместе с ранцем при работе в вакууме принимал габариты не меньшие чем полужесткий скафандр и имел ряд недостатков, о которых уже упоминалось в разделе 6.1.

Параллельно с отработкой лунного скафандра проводились работы по созданию скафандра ОРЛАН и ранцевой системы СЕЛИГЕР для командира экспедиции. Этот СК должен был обеспечивать возможность выхода в космическое пространство командира корабля для оказания помощи второму космонавту, переходящему в лунный модуль и обратно.

В силу уже упоминавшихся преимуществ полужесткого скафандра, таких как быстрота и надежность надевания-снятия, удобство эксплуатации и высокая готовность к работе (нет внешних пневмокоммуникаций и разъемов для подсоединения СОЖ, оптимальное размещение на корпусе органов управления и контроля), высокая герметичность и надежность (один эксплуатационный разъем), широкий диапазон регулировки по росту, оптимальные габариты, скафандр ОРЛАН был разработан как модификация скафандра КРЕЧЕТ-94.

В принципе основные конструктивные решения как оболочки СК, так и СОЖ были для обоих скафандров одинаковыми, за исключением некоторых

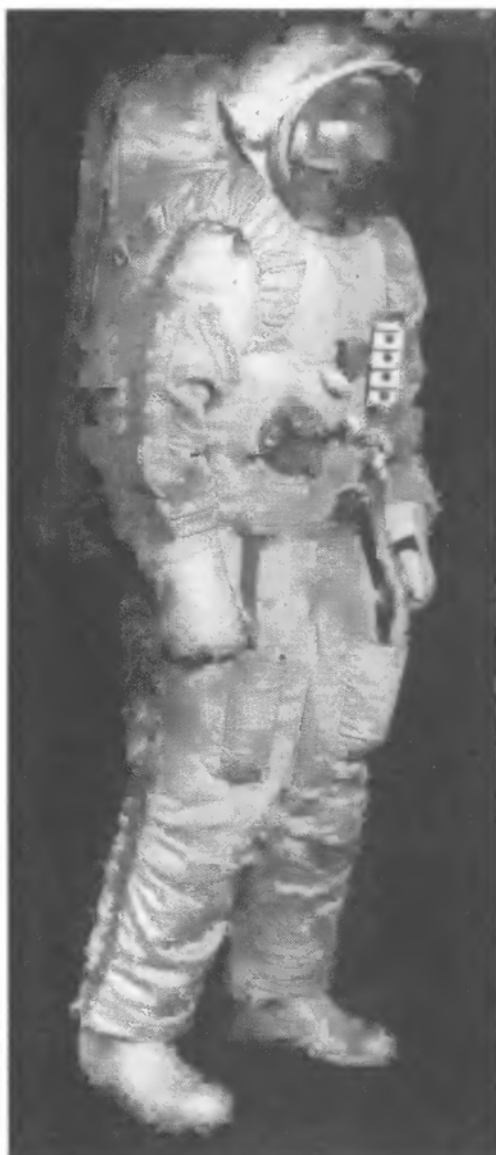


Рис. 6.2-11. Общий вид скафандра ОРЛАН

упрощений для СК командира. В частности, СК ОРЛАН не был полностью автономным, а работал с использованием электрофала, связывающего его с бортовыми системами корабля. В связи с этим, в нем отсутствовали и автономный источник электропитания, блоки радиосвязи и телеметрии, антенно-фидерное устройство, а пульт электроуправления был упрощен.

Скафандр ОРЛАН был рассчитан на меньшее время работы (2 сеанса по 2,5 часа), поэтому его ранец имел значительно меньшие размеры.

Оболочка СК также была упрощена. Бедренный шарнир имел одну степень свободы вместо двух у лунного скафандра, в котором было необходимо ходить по поверхности Луны, отсутствовал теневой светофильтр, тепло-защитная оболочка имела 5 слоев ЭВТИ вместо 10 слоев у КРЕЧЕТА и т.д.



Рис. 6.2-12. Скафандр ОРЛАН для работ в гидробассейне

В составе СК ОРЛАН отсутствовали также системы ассенизации и подачи питьевой воды.

Габариты и масса скафандра ОРЛАН (59 кг) были соответственно меньше, чем у скафандра КРЕЧЕТ-94 (102 кг), что делало его более маневренным при работе в открытом космосе.

В 1967 году был изготовлен первый образец скафандра ОРЛАН, а в 1968 году проведены его лабораторные испытания и доводки (рис. 6.2-11).

В связи с тем, что основным видом тренировки космонавтов для работы на поверхности космического корабля в условиях невесомости становились тренировки в гидробассейне, для этих целей была разработана специальная разновидность скафандра ОРЛАН (рис. 6.2-12). Он отличался от «штатного»

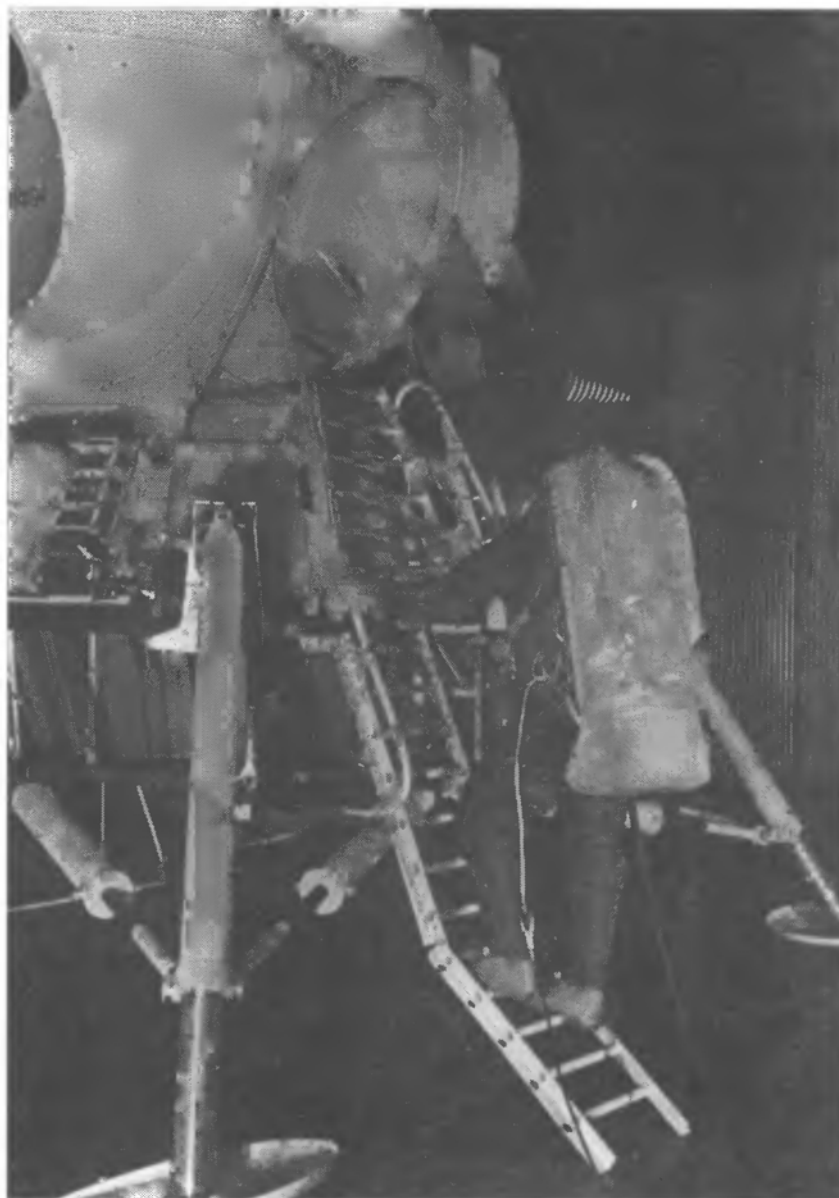


Рис. 6.2-13. Примерка скафандра КРЕЧЕТ-94 на макете ЛК

скафандра наличием на нем специальных грузов, обеспечивающих «нулевую» плавучесть космонавту и наличием специальной такелажной системы для погружения скафандра в бассейн с водой и извлечение его оттуда, а также упрощенной системой жизнеобеспечения, обеспечивающей наддув, вентиляцию и охлаждение скафандра от систем бассейна.

В 1968 году были проведены конструкторско-доводочные работы и лабораторные испытания пяти скафандров КРЕЧЕТ-94, изготовлены и переданы на заводские испытания еще 2 скафандра и начато изготовление следующей партии. В следующем году были изготовлены и переданы на заводские и совместные испытания еще 9 скафандров КРЕЧЕТ-94.

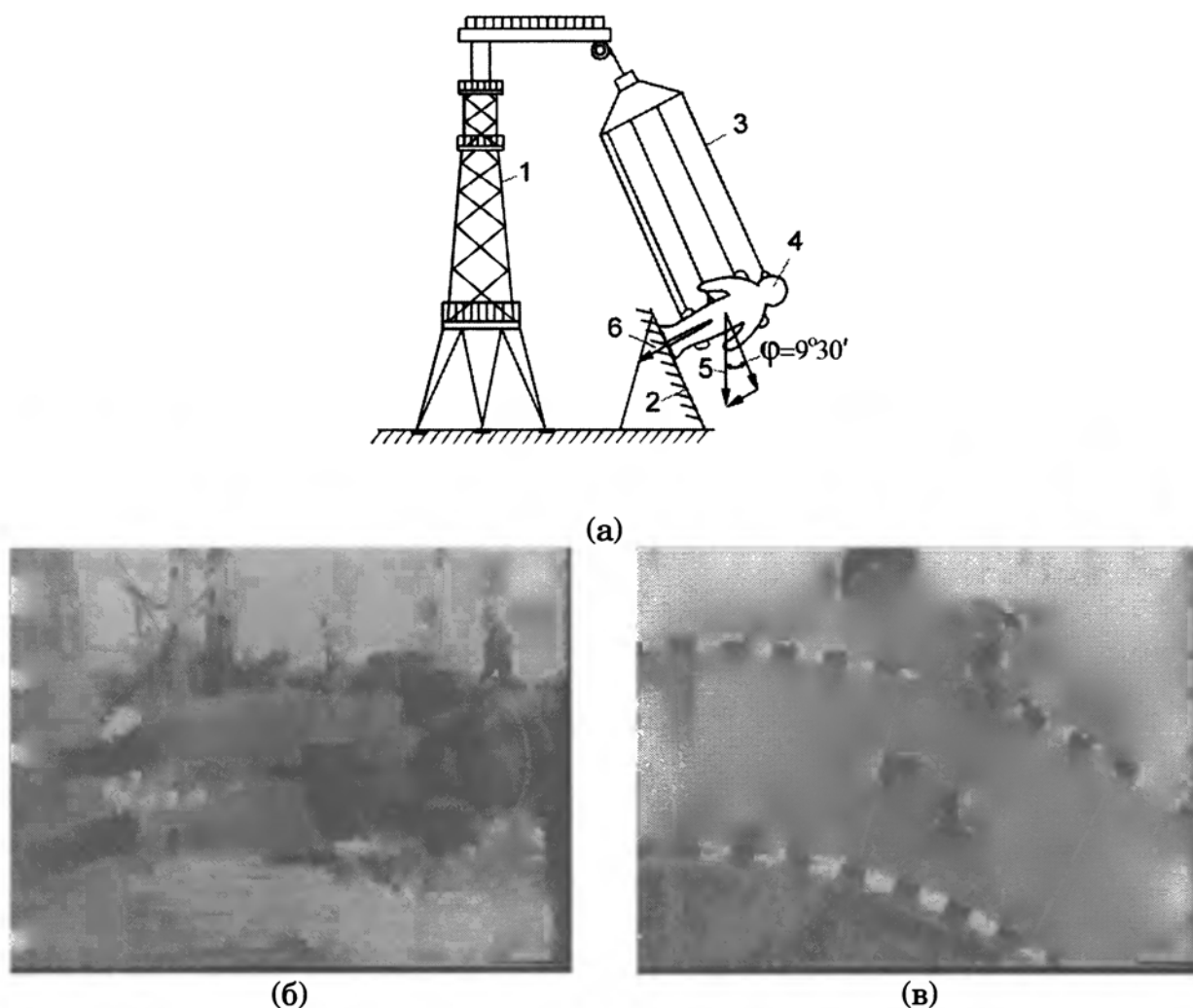


Рис. 6.2-14. Стенд, созданный на Звезде для исследования движения космонавта в условиях, соответствующих силе тяжести на Луне: а — схема стенда (1 — башня, 2 — опорная стенка, 3 — тросовая подвеска, 4 — испытатель в скафандре, 5 — G — масса испытателя в скафандре, 6 — $G \cdot \sin \varphi$ — составляющая массы, равная 0,165 земного веса); б и в — испытатель в скафандре на стенде (в — вид сверху)

В этом же году были проведены или продолжены следующие исследования, испытания и примерки:

- примерочные работы на макете ЛК в ОКБ-1, в том числе оценка системы фиксации (рис. 6.2-13);
- исследовано передвижение в условиях лунной гравитации на вновь созданном на Звезде стенде $\frac{1}{6}G$ (рис. 6.2-14 а, б, в). Эта работа была начата еще в 1968 году);
- исследовано передвижение в условиях кратковременной невесомости на летающей лаборатории ЛЛ ТУ-104 в ЛИИ им. М.М. Громова;

- проведены копровые и прочностные испытания скафандра, ударные испытания остекления;
- проведены испытания экранно-вакуумной теплоизоляции, тепло-вакуумные испытания узлов скафандра и агрегатов СОЖ (Тепло-вакуумные испытания скафандра КРЕЧЕТ проводились в термобарокамере ВК 600/300 в г. Загорске, Моск. Обл. с имитацией условий пребывания на Луне; при этом использовался тепловой манекен человека и оценивались температуры на оболочке скафандра и отдельных агрегатов, размещенных снаружи скафандра (пульты управления, ОРК и т. д.).
- проведены испытания основных агрегатов СОЖ (функциональные, на ресурс, надежность и т. д.).
- начаты заводские испытания в термобарокамере ТБК-30.

Проведенный к 1969 году объем испытаний был достаточен для выдачи (в случае необходимости) заключения о готовности скафандра к летным испытаниям по программе Л-3.

Однако в связи с изменением сроков окончания работ по данной программе, отработка изделий была продолжена. В 1970 году изготовлены еще 4 скафандра: для испытаний на соответствие техническим требованиям, для испытаний СОЖ и для испытаний в ТБК. В 1971 году были продолжены вакуумно-холодовые испытания скафандров КРЕЧЕТ-94 и ОРЛАН в термобарокамере ВК 600/300 в условиях имитации внешних условий открытого космоса и Луны. Продолжались совместные испытания на стенде «Селен» в ОКБ-1, на ЛЛ ТУ-104 по отработке систем перехода и шлюзования, по определению усилий, развиваемых космонавтом на фалах и поручнях корабля, по отработке рабочего и сварочного инструмента. Проведены испытания скафандра КРЕЧЕТ-94 в макете ЛК с имитацией ударных перегрузок при посадке на Луну.

В 1968-71 гг. проведен большой объем работ и по скафандру ОРЛАН.

В 1968 году были изготовлены 9 скафандров ОРЛАН для заводских и совместных испытаний, а также один скафандр для испытаний в гидробассейне и два скафандра для ЛЛ ТУ-104.

Технические испытания, а также испытания в ТБК-10 (рис. 6.2-15) были проведены в 1970 году, первые работы в гидробассейне — в 1971 году.

Начиная с 1969 года в связи с началом работ по созданию орбитальной станции началась проработка вариантов использования скафандра ОРЛАН программы Н1-Л3 и для выхода в открытый космос из станции. Поэтому дальнейшая отработка скафандров по обоим программам шла параллельно, пока в 1972 году работы по лунному скафандру не были приостановлены, а в 1974 году полностью закрыты в связи с прекращением работ по комплексу Н1-Л3 (24 июня 1974 г. по предложению В. П. Глушко) [Семенов, 1996].

В 1972-73 гг. (Решение от 16.02.1972 г.) была предпринята попытка продолжить работы по пилотируемой лунной программе. В начале 1972 года было принято решение о разработке технического предложения по комплексу ЛЗМ,



Рис. 6.2-15. Скафандр ОРЛАН в термобарокамере ТБК-10

предусматривающего создание 3-х местного корабля с высадкой на Луну 2-х космонавтов. В том же году Звезда разработала техническое предложение по лунным скафандрам для этого комплекса и получила от ОКБ-1 проект ТЗ на них. Планировалось провести модификацию СК КРЕЧЕТ-94, обеспечив в нем возможность 6-ти выходов на Луну в течение 5 суток за счет дозаправки и замены расходующихся элементов СОЖ.

Как показал последующий опыт осуществления ВКД из орбитальных станций ряд положений ТЗ на скафандры как по программе Н1-ЛЗ, так и ЛЗМ были трудно реализуемыми. В частности, планируемое время подготовки СК к работе и переходов из корабля в корабль через открытый космос, частота и время работы космонавтов в скафандре с позиций сегодняшнего дня должны были бы быть пересмотрены.

Следует отметить, что при проведении работ по созданию скафандров по программе Н1-ЛЗ на Звезде одновременно проводилась разработка и экспериментальная отработка систем для первого выхода в открытый космос А. Леонова, а затем скафандра ЯСТРЕБ и ранцевой СОЖ РВР-1П для кораблей *Союз* и позднее *Алмаз*. Опыт, полученный при создании этих изделий и первых выходов в открытый космос учитывался также и при отработке систем скафандров КРЕЧЕТ-94 и ОРЛАН.

Работы по созданию лунного скафандра параллельно со Звездой начали проводить также в Институте Биофизики Минздрава СССР под руководством С.М. Городинского. Однако их усилия закончились лишь разработкой экспериментального образца скафандра, предназначенного для отработки медико-технических требований.

6.3. Скафандр ОРЕЛ

Скафандр мягкого типа ОРЕЛ разрабатывался как упомянутый выше второй вариант лунного скафандра. Он разрабатывался с тем же назначением и по тому же техническому заданию, что и скафандр КРЕЧЕТ. Скафандр ОРЕЛ разрабатывался по классической схеме мягкого скафандра со съёмным наспинным ранцем с системой жизнеобеспечения, который получил название БАЙКАЛ (рис. 6.3-1).

Комплект скафандра включал в себя верхнюю теплозащитную оболочку, оболочку собственно скафандра, съёмный шлем, вентилирующий костюм. В процессе разработки в его состав был включен вновь созданный костюм водяного охлаждения КВО-9.

Оболочка скафандра имела все типичные конструктивные элементы мягких скафандров, разрабатываемых на Звезде. Оболочка состояла из двух слоев: силовой оболочки из капроновой ткани и герметичной из прорезиненного трикотажа. Оболочка имела передний распах со шнуровкой через крючки и ворот с тросом, замыкаемый специальным замком (застежкой) на шейном кольце, которое служило для подсоединения шлема. Корпус имел силовую систему для подгонки его по росту и удержания от «вырастания». Эта система была выполнена по типу авиационного скафандра Воркута и космического СК БЕРКУТ.

В основном варианте скафандр имел плечевые подшипники и рукава, аналогичные авиационным скафандрам Си-5 и С-9. Оболочка ног была аналогична скафандру ОРЛАН.

Главное внимание при разработке скафандра было уделено повышению подвижности рукавов и оболочки ног. В течение 1966-69 гг. было изготовлено несколько действующих макетов оболочки как с шарнирами гофрированного типа, так и с применением ткани одноосного растяжения.

Был также разработан макет съёмного ранца БАЙКАЛ со схемой жизнеобеспечения, аналогичной АСОЖ КАСПИЙ (рис. 6.3-2).

В результате разработки макетов и их доводки по результатам испытаний скафандр ОРЕЛ стал представлять собой облегченный (собственно СК



Рис. 6.3-1. Общий вид скафандра ОРЕЛ (слева — без верхней одежды, справа — с макетом ранца БАЙКАЛ)



Рис. 6.3-2. Общий вид макета ранца БАЙКАЛ



Рис. 6.3-3. Скафандр ОРЕЛ, выполненный из ткани одностороннего растяжения

26 кг и ранец 60 кг) по сравнению с СК КРЕЧЕТ-94 скафандр со всеми присущими ему особенностями мягкого скафандра.

В связи с принятием в 1968 г. решения об использовании для лунной программы скафандров полужесткого типа, работы по СК ОРЕЛ приобрели несколько другое направление. Разработка скафандра ОРЕЛ была продолжена с целью его использования в качестве аварийно-спасательного скафандра как для высотных самолетов (ОРЕЛ-А), так и для космических летательных аппаратов. Конструкция скафандра была коренным образом изменена. Для изготовления рукавов и штанин была применена ткань с односторонним растяжением, что позволило отказаться от гофрированных шарниров (рис. 6.3-3). Рассматривалась также возможность создания облегченного скафандра для кратковременного аварийного выхода в космическое пространство.

В дальнейшем накопленный опыт по отработке скафандра ОРЕЛ был использован при последующих разработках аварийно-спасательных скафандров мягкого типа СОКОЛ и Баклан.

Спасательные скафандры СОКОЛ-К и СОКОЛ КВ-2 кораблей Союз

7.1. Введение

Во второй половине 1969 года в связи с развертыванием работ по созданию долговременной орбитальной станции *Салют* была проведена модификация транспортного корабля *Союз*, обеспечивавшая возможность перехода экипажа на станцию через внутренний люк в узле стыковки корабля без выхода космонавтов в открытый космос (рис. 7.1-1). Таким образом, на этом корабле (индекс 7К-Т вместо 7К-ОК) необходимость в наличии скафандра ЯСТРЕБ и автономной СОЖ отпала.

Первый полет этой серии кораблей (*Союз-10*) к станции *Салют-1* с 3-мя членами экипажа состоялся 23–25 апреля 1971 года. Звезда поставляла на эти корабли полетную одежду, амортизационные кресла, ассенизационное устройство, систему питьевой воды, неприкосновенный запас.

Применение спасательных скафандров по документации ОКБ-1 (в то время ЦКБЭМ) на этих кораблях, также как и на предыдущих кораблях 7К-ОК, по-прежнему не предусматривалось (см. главу 5).

Второй полет корабля (*Союз-11*) к станции *Салют-1* закончился трагически. 30 июня 1971 года космонавты Г.Т. Добровольский, В.Н. Волков и В.И. Пацаев погибли из-за разгерметизации СА на участке спуска. После этого по решению специально созданной для расследования причин катастрофы Правительственной комиссии под председательством М.В. Келдыша был принят ряд мер по повышению безопасности экипажа, связанных как с доработками корабля, так и с введением защитного снаряжения для спасения экипажа в случае разгерметизации СА во время динамических операций на участках выведения, стыковки и спуска.

Перед Звездой была поставлена задача в минимально возможное время разработать снаряжение, сочетающееся с применяемыми на корабле индивидуальными ложементами амортизационных кресел и с минимальными доработками СА.

7.2. СОКОЛ-К

Ни один из ранее созданных космических скафандров (СК-1, БЕРКУТ, ЯСТРЕБ) для этой цели не годился, так как они были разработаны либо для защиты космонавта вне корабля, либо не могли сочетаться с амортизационным креслом.

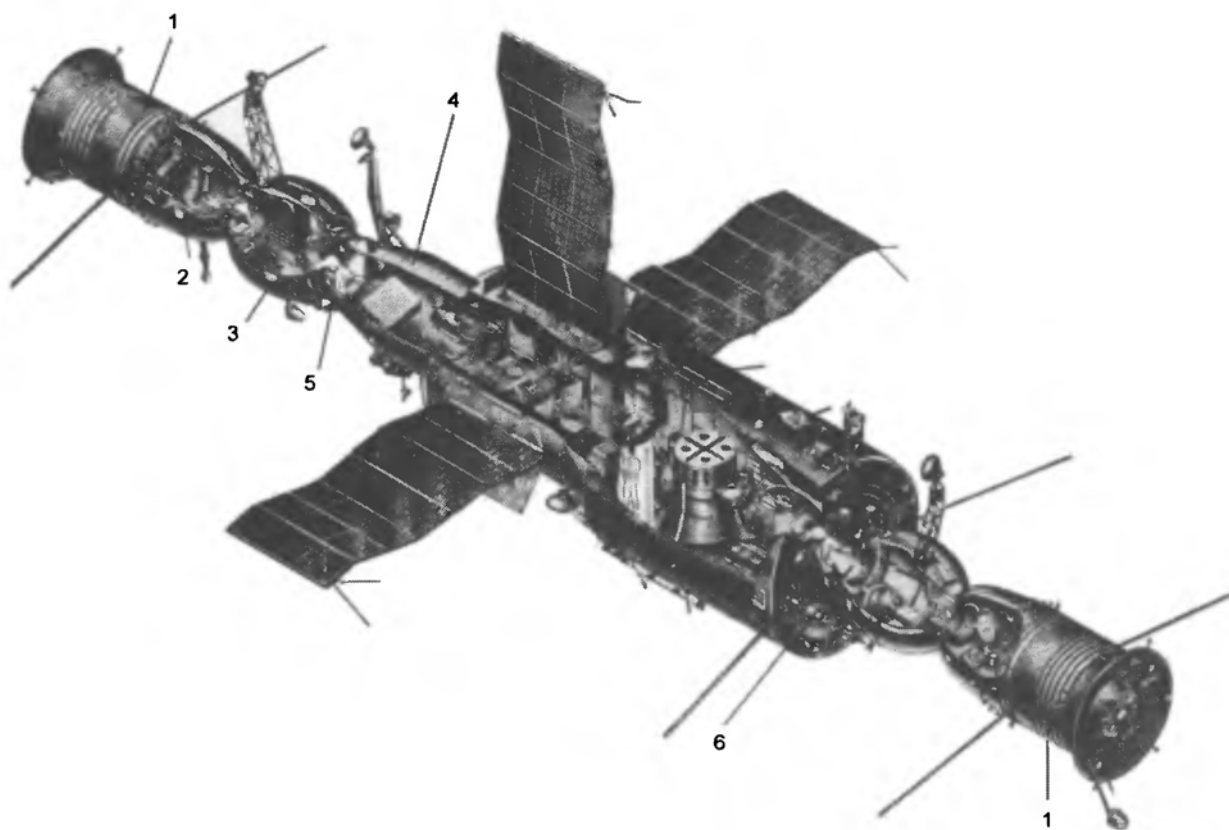
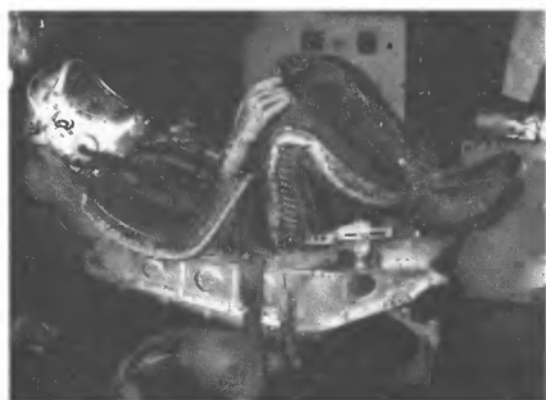


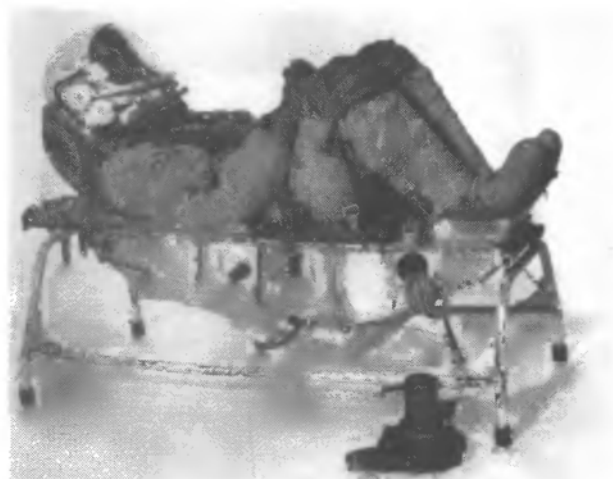
Рис. 7.1-1. Схема перехода космонавтов из корабля *Союз* в ОС *Салют* через внутренний люк: 1 — КК *Союз*, 2 — спускаемый аппарат, 3 — бытовой отсек, 4 — переходный отсек, 5 — внутренний люк, 6 — промежуточная камера

Из-за ограничений по массе в качестве максимально возможного времени возврата экипажа на Землю при аварийной разгерметизации СА на наиболее опасных участках полета было принято время в пределах 105–125 мин. Рассматривалось несколько вариантов защитного снаряжения: использование различных типов высотного костюма с пневмомеханической компенсацией избыточного давления в гермошлеме и облегченного скафандра на основе авиационного скафандра СОКОЛ (рис. 2.2-12). Были проведены примерки макетов такого снаряжения с ложементами кресел (рис. 7.2-1 а и б), анализ возможных схем кислородного питания и их массы. В качестве оптимального варианта было выбрано использование облегченного скафандра с мягким несъемным шлемом с откидывающимся смотровым стеклом и с СОЖ открытого типа, рассчитанной на 2 часа работы.

Принятый за прототип авиационный скафандр СОКОЛ потребовал, однако, существенной доработки. В первую очередь это коснулось шлема: вместо жесткого поворотного шлема с шейным гермоподшипником, был спроектирован и смонтирован на оболочке облегченный мягкий шлем, переднюю часть которого составляло откидное остекление (иллюминатор), имевшее вид части



(a)



(б)

Рис. 7.2-1. Размещение высотного костюма с пневмомеханической компенсацией типа ВКК-47 (а) и авиационного скафандра СОКОЛ (б) в амортизационном кресле КАЗБЕК

сферы, а затылочная часть была выполнена мягкой, как продолжение оболочки корпуса скафандра (силовая оболочка плюс герметичная). По нижнему обрезу остекления располагался разъем шлема, состоящий из двух полурамок шарнирно соединенных в зоне ушей (рис. 7.2-2). Эта конструктивная схема была ранее отработана на авиационных скафандрах типа ВСС, созданных в 50-х годах (рис. 2.2-2). Впервые для спасательного скафандра стекло шлема выполнялось из прозрачного поликарбоната. Скафандр был максимально облегчен: были демонтированы все излишние элементы, в частности, шнуровки на задней поверхности оболочки, исключено использование вентиляционного костюма. Оболочка СК имела минимально возможный пакет только из двух слоев: силовой и герметичной оболочек (последняя из резины толщиной 0,6 мм). Толщина пакета оболочек практически не отличалась от толщины полетной одежды космонавтов, применявшейся ранее. Распах скафандра выполнялся из прорезиненной ткани. Скафандр должен был использоваться в комплекте с хлопчатобумажным бельем, шлемофоном и поясом с биомедицинскими датчиками.

Закрой скафандра обеспечивал размещение космонавта в сидячей позе, диктуемой габаритами кресла и кабины СА и требованиями переносимости перегрузок (рис. 7.2-3).

Новый скафандр для КК Союз получил название СОКОЛ-К («СОКОЛ космический»). Масса скафандра составляла 9-10 кг, время одевания было равно 10-12 мин, время пребывания в холодной воде — до нескольких часов. Для обеспечения устойчивости и удобного положения в СК на плаву предусматривалось использование специального плавательного ворота (из комплекта НАЗ'а — носимого аварийного запаса корабля). При необходимости покидания СА на плаву и длительного пребывания в холодной воде космонавты



Рис. 7.2-2. Одевание скафандра СОКОЛ-К испытателем Звезды Г. Парадизовым

должны были снимать скафандры, и одевать специальный утепленный морской спасательный костюм «Форель» (также из комплекта НАЗ'а).

Сроки разработки скафандра СОКОЛ-К были предельно сжаты, так как от этого зависело время старта следующего корабля Союз. Поэтому выбор в качестве прототипа авиационного скафандра СОКОЛ был обусловлен еще и тем, что на Звезде в то время имелся задел этих изделий. В кратчайший срок (к концу 1971 года) были доработаны 5 имевшихся скафандров СОКОЛ и проведены лабораторные испытания и примерки, в том числе в СА корабля. Параллельно был разработан полный комплект технической документации на скафандр, по которому в первой половине 1972 года изготовлены 8 скафандров СОКОЛ-К для заводских и совместных испытаний.

Одновременно совместно с ЦКБЭМ была разработана схема СОЖ скафандра (рис. 7.2-4), изготовлены основные агрегаты системы вентиляции и кислородного питания, собрана схема для испытаний. Скафандр СОКОЛ-К по принятой схеме работы – вентиляционного типа. В герметичной кабине он вентилировался кабинным воздухом, который поступал в шлем, в рукава и к ступням ног.

При разгерметизации кабины (при падении давления в ней до величины 600 гПа) автоматически включалась подача газовой смеси в шлем скафандра, а подача воздуха от вентиляторов прекращалась (шлем СК должен был быть

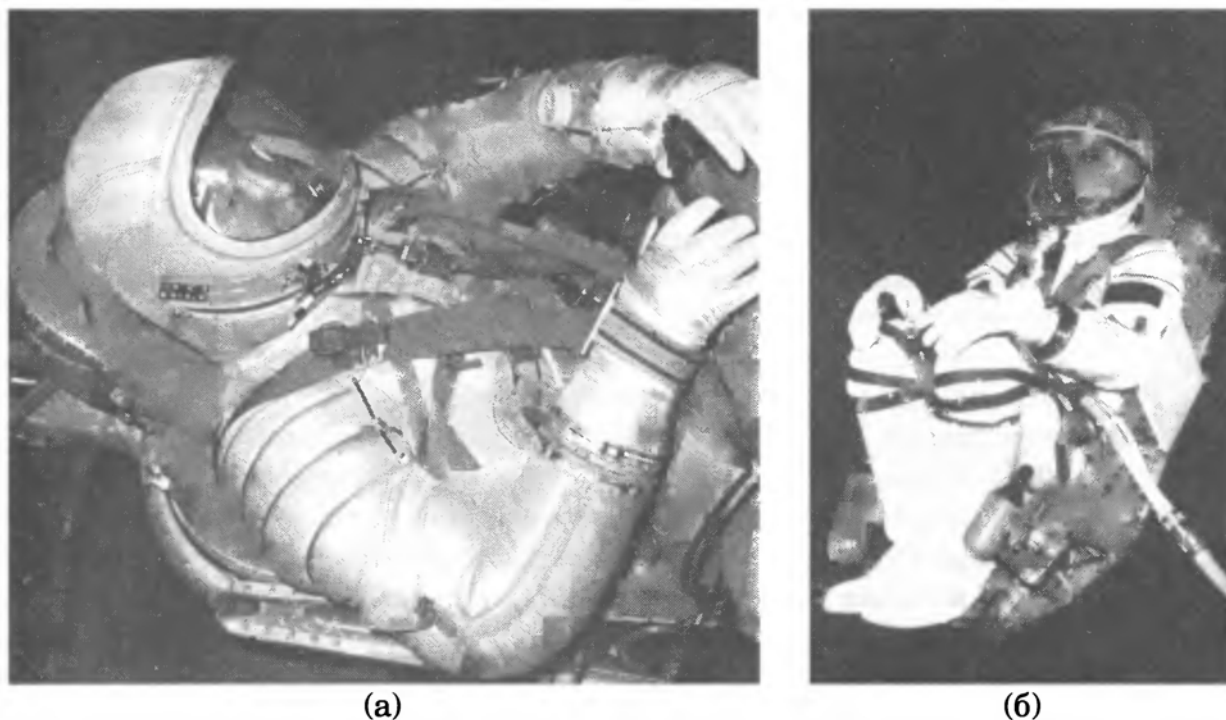


Рис. 7.2-3. Космонавты А. Леонов (а) и В. Джанибеков (б) в спасательных скафандрах СОКОЛ-К в кресле КАЗБЕК (в скафандре А. Леонова избыточное давление 400 гПа)

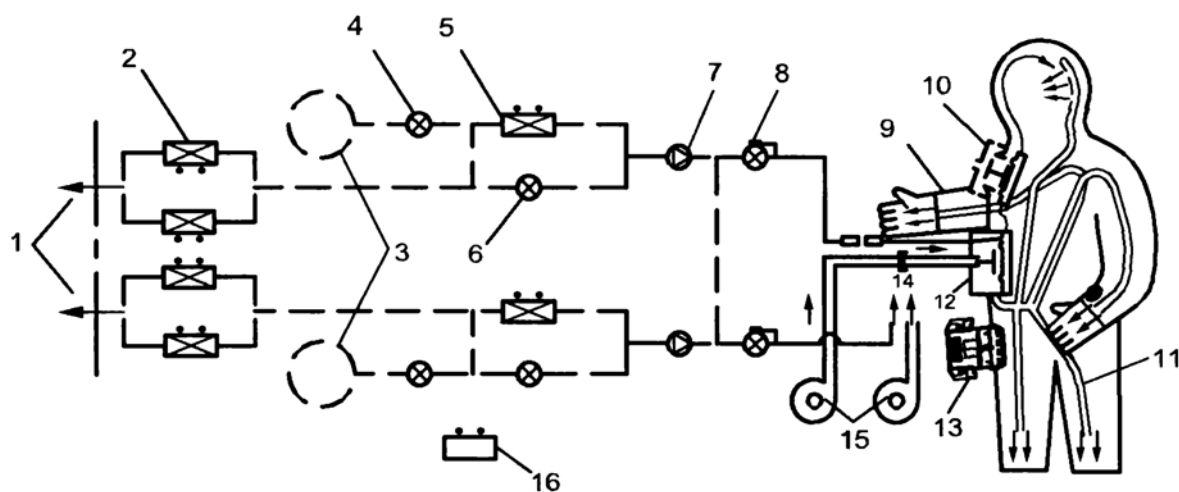


Рис. 7.2-4. Схема бортовой СОЖ скафандра СОКОЛ-К для корабля *Союз*: 1 — сброс газа в атмосферу перед приземлением корабля; 2, 5 — электроклапаны; 3 — запас газа в баллонах (давление 25 МПа); 4, 6 — вентили; 7 — обратный клапан; 8 — редуктор; 9 — скафандр СОКОЛ-К; 10 — клапан дыхания; 11 — система вентиляции скафандра; 12 — узел ввода шлангов в скафандр с пневмо-запорным клапаном; 13 — регулятор давления скафандра; 14 — ко 2-му скафандру; 15 — вентиляторы; 16 — блок барореле

закрыт вручную на всех опасных участках полета). Подаваемая газовая смесь содержала 40% кислорода с тем, чтобы не закислораживать кабину корабля.

Выход газа из скафандра осуществлялся через регулятор давления, поддерживающий в СК абсолютное давление порядка 400 гПа. Регулятор давления служил также предохранительным клапаном скафандра. На шлеме размещался клапан подсоса, обеспечивавший дыхание космонавта атмосферным воздухом после окончания подачи газа в шлем (при закрытом иллюминаторе).

За систему подачи газовой смеси в скафандры, размещаемую в СА корабля *Союз*, отвечало ЦКБЭМ.

К осени 1971 года был разработан и согласован с ЦКБЭМ и соответствующими службами ВВС перечень сертификационных испытаний скафандра (рис. 7.2-5). Кроме обычных испытаний в термобарокамере Звезды в ГК НИИ ВВС предусматривалась оценка возможности суточного пребывания в скафандре внутри СА (для случаев нахождения СА на орбите без бытового отсека корабля, а также после приводнения) и отработка процесса самостоятельного одевания СК в условиях невесомости (на летающей лаборатории). Кроме того, в бассейне Звезды планировалась оценка плавучести скафандра, а на Черном море оценка времени пребывания в нем в холодной воде.

В 1972 году был закончен полный комплекс заводских технических и физиологических испытаний скафандра.

27 сентября 1973 года — началось штатное применение скафандров СОКОЛ-К. Первыми их использовали космонавты В. Лазарев и О. Макаров, стартовавшие в этот день на корабле *Союз-12* (рис. 7.2-6). Этими же скафандрами комплектовались все последующие космические корабли *Союз* (рис. 7.2-7, 7.2-8).

В 1974 году начато изготовление 6-ти скафандров СОКОЛ-К для 3-х экипажей по программе *Союз-Аполлон*. Этим скафандрам был присвоен индекс СК-11. 15 июля 1975 г. успешно стартовал корабль *Союз-19* с экипажем, одетым в эти скафандры (рис. 7.2-9).

Разработка и доводка оболочки скафандров велась в основном конструкторами бригады Г.С. Парадизова под руководством ведущего конструктора А.Ю. Стоклицкого. Разработкой СОЖ скафандра занималась бригада № 24 под руководством ведущего конструктора И.П. Абрамова и начальника бригады Д.В. Кучевитского. Испытания скафандра СОКОЛ-К и СОЖ проводилась под руководством Б.В. Михайлова и В.И. Сверщека.

Начавшаяся эксплуатация скафандров СОКОЛ-К показала, что они полностью отвечают предъявляемым требованиям, но выявила и ряд недостатков конструкции, работа над устранением которых проводилась на Звезде в последующие годы (см. разделы 7.3 и 7.4). На начальном этапе она заключалась в разработке и изготовлении все увеличивавшегося числа новых типоразмеров скафандров и их доводке в процессе примерок и тренировок. Был составлен размерный стандарт скафандров, для чего были проведены специальные обширные антропометрические исследования контингента летчиков ВВС.

<p style="text-align: center;">"УТВЕРЖДАЮ"</p> <p style="text-align: center;">НАЧАЛЬНИК ПРЕДПРИЯТИЯ</p> <p style="text-align: center;">1)</p> <p style="text-align: center;"><i>[Подпись]</i> /ММШН/ " 24 " 1971г</p>	<p style="text-align: center;">"УТВЕРЖДАЮ"</p> <p style="text-align: center;">ОТВЕТСТВЕННЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ</p> <p style="text-align: center;">2)</p> <p style="text-align: center;"><i>[Подпись]</i> /СЕВЕРИН/ " 28 " 1971г</p>
<p style="text-align: center;">"СОГЛАСОВАНО"</p> <p style="text-align: center;">3)</p> <p style="text-align: center;"><i>[Подпись]</i> /ФРОЛОВ/ " 14 " 10 1971г</p>	<p style="text-align: center;">"СОГЛАСОВАНО"</p> <p style="text-align: center;">ВРИД РАЙОННОГО ИНЖЕНЕРА</p> <p style="text-align: center;"><i>[Подпись]</i> /ЗИНЧЕНКО/ " " " 1971г</p>

ПЕРЕЧЕНЬ № 147/224-71

ИСПЫТАНИЙ ПО КОМПЛЕКТУ ЗАЩИТНОГО СВАРЕНИЯ ДЛЯ
объекта ПЗ615.

<p style="text-align: center;">1)</p> <p style="text-align: center;"><i>[Подписи]</i> Корженевский/ Долгополов/ Мяник/ Пр. д. л. № 1382 /Алексеев/ 16.9.71</p>	<p style="text-align: center;">2)</p> <p style="text-align: center;"><i>[Подписи]</i> Абрамов/ 28.7.71</p>	<p style="text-align: center;">4)</p> <p style="text-align: center;"><i>[Подписи]</i> Быкал/ Секерин/ Зинченко/ Покровский/ Семенов/ Варфоломеев/ Головкин/</p>
--	--	---

Рис. 7.2-5. Титульный лист и лист с подписями перечня испытаний комплекта скафандра СОКОЛ-К. Примечания авторов: 1) — ЦКБЭМ; 2) — Звезда; 3) — от Управления ВВС; 4) — Представители различных служб ВВС

К недостаткам оболочки скафандра можно было отнести:

- несоответствие размеров и формы отдельных частей оболочки размерам и форме человека в рабочей позе, задаваемой креслом КАЗБЕК, что вызывало дискомфортные ощущения у некоторых космонавтов



Рис. 7.2-6. Космонавты В. Лазарев и О. Макаров перед первым полетом в скафандрах СОКОЛ-К (лаборатория Звезды на Байконуре, 1973 г.). Стоят слева направо: Н. Князев, М. Иконников, И. Абрамов, М. Балашов, С. Пономарев (ЦПК), В. Дубров, В. Шувалов, А. Бакуменко (ЦПК), В. Иванов (ЦПК), В. Агуреев и Н. Заетдинов (представитель воинской части космодрома)

при длительном пребывании в скафандре (в основном болевые ощущения под коленями);

- сравнительно большое время надевания скафандра, что особенно нежелательно для случая аварийной ситуации, связанной с потерей герметичности кабины корабля, когда требуется надеть скафандр в максимально короткое время.

Этот недостаток был обусловлен конструктивной схемой оболочки, которая применялась на всех предыдущих типах мягких скафандров: передний распахсошнуровкой, наличие так называемой «затяжки ворота» — устройства с тросом и «патефонным» замком для соединения ворота с нижним полукольцом разъема шлема; герметизация скафандра посредством завязывания аппендикса (рис. 7.2-2); неудобство пользования регулятором давления, расположенным на правом боку (из-за наличия распах по оси оболочки); ограниченный обзор из шлема вниз из-за сравнительно большой высоты шейного

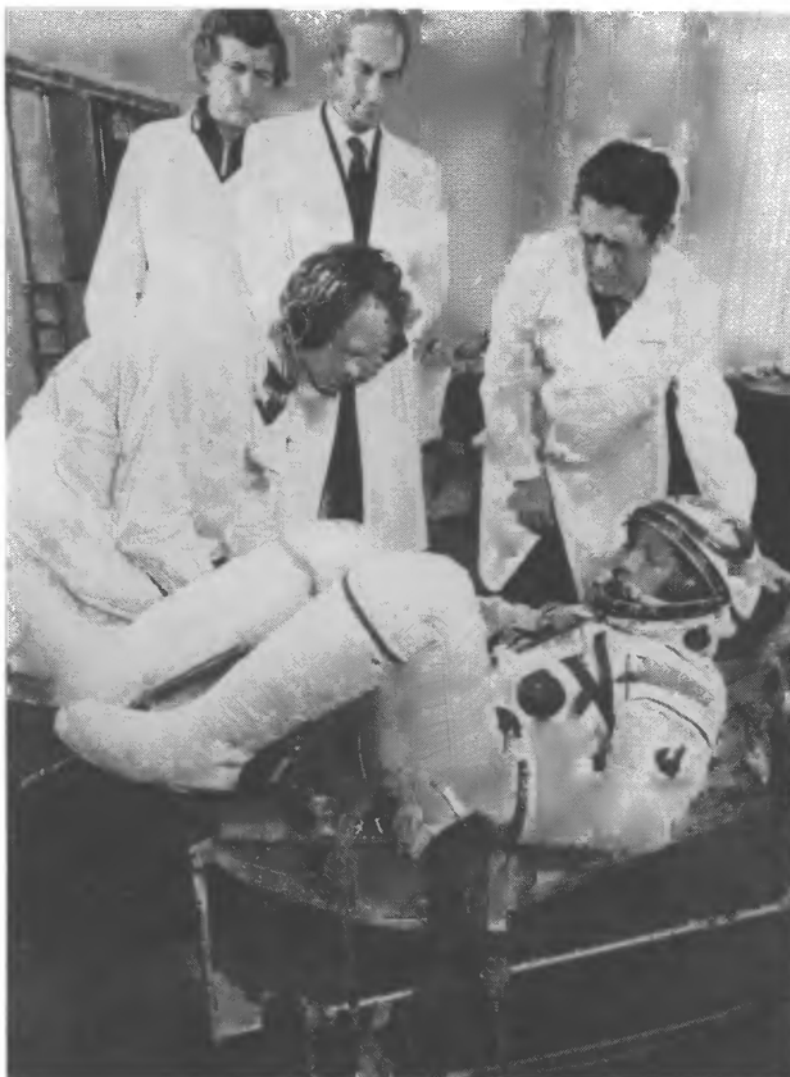


Рис. 7.2-7. Космонавт Н. Н. Рукавишников выполняет на Байконуре финальную примерку скафандра СОКОЛ-К (декабрь 1974 г.). Стоят (слева направо): В. Шувалов (наклонился), М. Балашов, И. Абрамов, И. Новохатский (ЦПК)

кольца (нижней полурамки шлема), вызванной наличием устройства для подсоединения ворота.

Существенным недостатком обладала и выбранная схема СОЖ. Из-за дефицита массы на корабле и с учетом небольшого времени работы в разгерметизированном СА была выбрана минимально возможная величина подачи газовой смеси в скафандр (20 нормальных литров в минуту или 50 литров, приведенных к давлению в СК). Эта подача обеспечивала унос углекислоты и влаги из шлема скафандра, но не могла существенным образом обеспечить тепловой режим человека в аварийной ситуации, особенно в случае увеличения физической нагрузки экипажа. Использование вместо чистого кислорода газовой смеси, содержащей лишь 40% кислорода, также не способствовало высокой работоспособности экипажа.



Рис. 7.2-8. Космонавты А.В. Филипченко и Н.Н. Рукавишников после снаряжения в скафандры СОКОЛ-К в лаборатории Звезды на Байконуре 02.12.1974 г. в день старта корабля *Союз-16*, модифицированного применительно к программе *Союз-Аполлон*.

Слева направо: И.Я. Новохатский, И.П. Абрамов, А.А. Леонов, В.А. Шаталов, В.Ф. Быковский, Г.Т. Береговой, В.П. Глушко, В.Н. Кубасов, М.М. Иконников, Е.В. Шабаров, Е.И. Воробьев

7.3. СОКОЛ-КМ

В марте 1973 года состоялось расширенное заседание НТС предприятия, на котором были обсуждены и утверждены предложения по совершенствованию конструкции скафандра СОКОЛ-К. Одним из предложений была разработка макетов нескольких вариантов оболочки модифицированного скафандра СОКОЛ-КМ. Основным вариантом был макет оболочки с поперечным поясным герметичным разъемом, состоящим из двух разъемных молний с расположенными между ними элементами герметизации. Поясной разъем разделял оболочку на «рубашку», объединенную со шлемом и «брюки». Такая конструктивная схема давала ряд преимуществ:

- отсутствие аппендикса;
- возможность неразъемного соединения нижней полурамки шлема с оболочкой корпуса, что позволяло уменьшить высоту рамки (за счет устранения «затяжки ворот»), сдвинуть вниз нижнюю кромку остекления, и тем самым, увеличить обзор из шлема. Одновременно были



Рис. 7.2-9. Космонавты А. Леонов и В. Кубасов в скафандрах СОКОЛ-К перед посадкой в автобус в день старта (в окружении фотокорреспондентов и группы поддержки)

увеличены размеры всего шлема, так как шлем скафандра СОКОЛ-К оказался слишком тесным для больших размеров головы.

Система внутренней вентиляции была перенесена с оболочки скафандра на белье-комбинезон. Предполагалось, что разделение оболочки на рубашку и брюки облегчит подбор по фигуре космонавта соответствующих типоразмеров элементов скафандра (например, рубашка 54 размера, а брюки — 52 размера).

В 1973 году такой макет был изготовлен, а в 1974 году на Звезде проведены его лабораторные испытания (рис. 7.3-1).

В это же время исследовались и прорабатывались на макетах и другие предложения по совершенствованию оболочки:

- изготовление корпуса СК из прорезиненного капрона (с целью уменьшения массы);
- использование для рукавов ткани одностороннего растяжения (с целью увеличения подвижности);
- использование для гермооболочки прорезиненного трикотажа;
- уточнение конструкции оболочки с учетом рабочей позы и разработка новых шаблонов кроя для деталей оболочки, возможность изготовления деталей силовой оболочки из сетки и др.



Рис. 7.3-1. Общий вид скафандра СОКОЛ-КМ

Дальнейшая судьба модифицированного скафандра во многом определялась направлениями совершенствования космических кораблей *Союз*. Как известно, применение скафандров на кораблях *Союз* привело к снятию одного из 3-х кресел в СА и установке на его место системы подачи газа в СК. Поэтому ЦКБЭМ проводило работы по созданию модифицированного корабля *Союз-Т* (изделие 11Ф732), рассчитанного на полет 3-х членов экипажа. Изменения касались и СОЖ скафандра.

В частности, газовая смесь, подаваемая в СК, заменялась на чистый кислород (запас кислорода в СА корабля *Союз-Т* становился общим и для СК

и для бортовой СОЖ). Это дало возможность использовать в скафандре кроме основного — режим пониженного давления величиной 270 гПа, который обеспечивался новым регулятором давления РДСП.

Кроме того, для улучшения теплосъема были начаты работы по разработке схемы скафандра и бортовой СОЖ с использованием водяного охлаждения космонавта. В 1973 году совместно с ЦКБЭМ было принято решение о введении в состав скафандра для *Союза-Т* водяного охлаждения и согласованы исходные данные на модификацию СК.

На Звезде было разработано несколько вариантов костюмов и жилетов водяного охлаждения, а также бортовой блок для обеспечения циркуляции воды и регулирования ее температуры (охлаждение воды должно было осуществляться бортовыми системами СА).

В связи с согласованием новых требований по улучшению теплосъема в скафандрах работы по СК СОКОЛ-КМ были прекращены. На его базе был разработан модифицированный вариант скафандра СОКОЛ-КВ, предусматривавший применение в своем составе костюма водяного охлаждения.

7.4. СОКОЛ-КВ

В 1974 году был разработан комплект рабочих чертежей и начато изготовление 6 скафандров СОКОЛ-КВ для лабораторных и заводских испытаний. Скафандр СОКОЛ-КВ (рис. 7.4-1 а и б) имел следующие принципиальные отличия от скафандра СОКОЛ-К:

- применена новая схема надевания-снятия и герметизации скафандра — поясной эластичный герморазъем на молниях, делящий оболочку на отдельные друг от друга рубашку со шлемом и брюки;
- шлем имел увеличенные размеры и обзор;
- регулятор давления РДСП позволял создавать в СК два режима давления и был выполнен заодно с клапаном дыхания (позволявшим дышать с закрытым шлемом в случае приводнения); регулятор размещался в наиболее достигаемом для управления любой рукой месте — по центру груди под шлемом;
- в комплект была введена система водяного охлаждения, выполненная совместно с системой внутренней вентиляции в виде отдельного нательного комбинезона, получившего название КВО-11;
- на оболочке скафандра были установлены гермовводы для шлангов системы водяного охлаждения, на рубашке — пневматические вводы для воздуха и кислорода;
- на участках мягких шарниров рукавов и брюк силовая оболочка изготавливалась из ткани одностороннего растяжения, а гермооболочка из прорезиненного трикотажа.

При испытаниях макета СК СОКОЛ-КМ было выявлено, что для обеспечения надевания рубашки поясной разъем должен иметь достаточно большой периметр, и как следствие, поперечный диаметр корпуса оболочки больший,

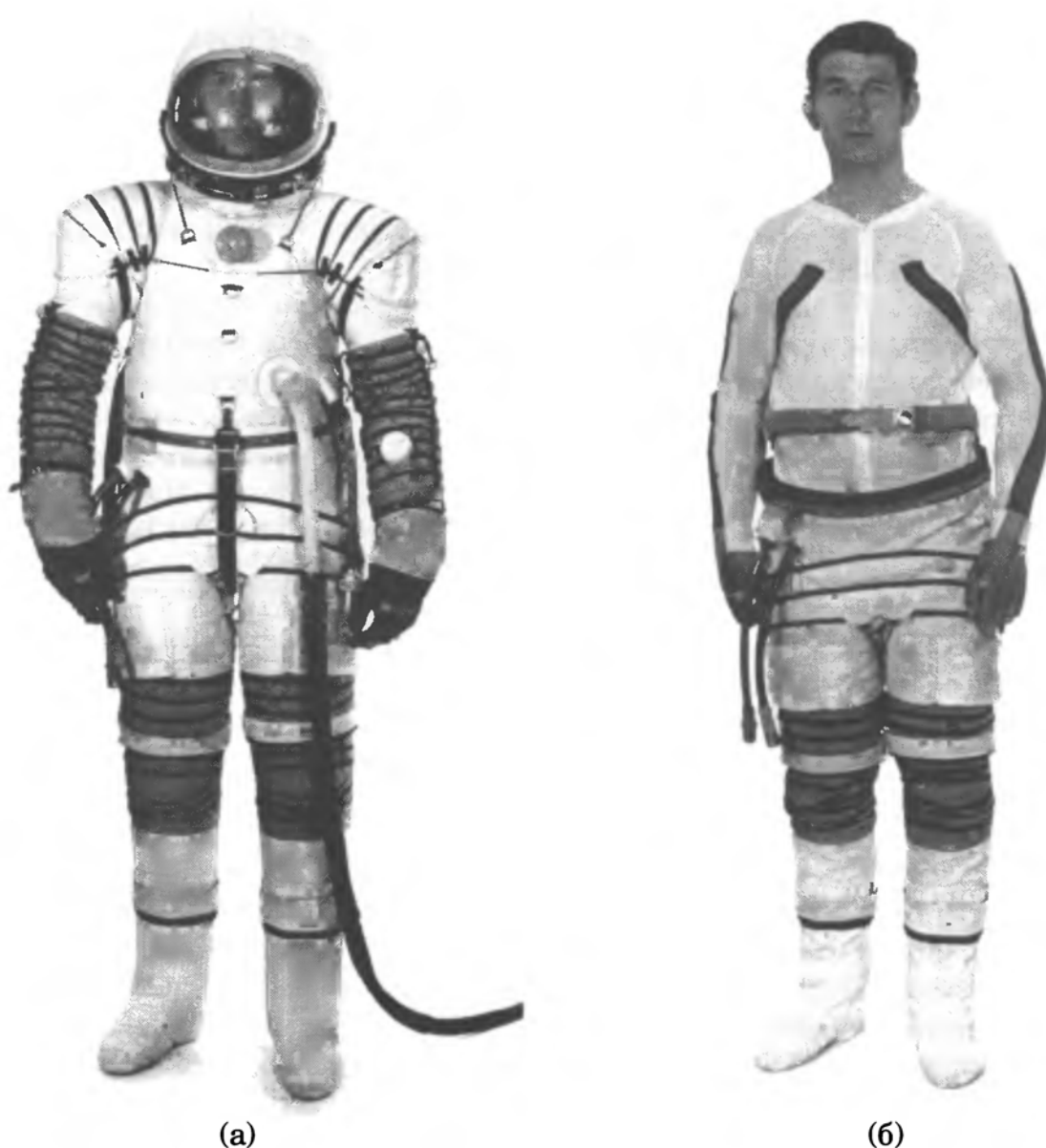


Рис. 7.4-1. Общий вид скафандра СОКОЛ-КВ: а — общий вид; б — только нижняя часть оболочки. В скафандре инженер Звезды М. Балашов

чем у скафандра с продольным распахом. Поэтому в скафандре СОКОЛ-КВ с целью уменьшения поперечного диаметра корпуса плоскость разъема была наклонена на 30° , что к тому же увеличивало переднюю (полезную) поясную часть брюк и облегчало надевание рубашки.

В 1974 году были проведены лабораторные испытания скафандра СОКОЛ-КВ, в том числе на плаву в бассейне Звезды. В 1975 году продолжалась отработка и испытания скафандра, и были проведены примерки в корабле. В процессе этой работы был разработан и внедрен ряд новых элементов

скафандра: объединенный разъем коммуникаций ОРК-21, разъемы системы внутренней вентиляции и подачи кислорода, костюм водяного охлаждения КВО-12 в виде брюк со встроенными камерами ППК-С (послеполетного профилактического костюма), новые гермоперчатки ГП-7.

Были разработаны также принципиальные пневмогидросхема и электросхема скафандров и бортового оборудования для 3-х местного корабля *Союз-Т*.

3 декабря 1975 года на Звезде было проведено заседание макетной комиссии, а в начале 1976 года собралась межведомственная комиссия по скафандру СОКОЛ-КВ.

В работе комиссии приняли участие представители НПО Энергия (ранее ЦКБЭМ), Института Авиационной и Космической медицины, ГКНИИ ВВС. Комиссия одобрила применение скафандра типа СОКОЛ-КВ на кораблях *Союз-Т*.

7.5. Скафандр типа СОКОЛ для программы Алмаз

Параллельно с началом полетов ОС *Салют* предприятие ЦКБМ (ранее ОКБ-52 под руководством В. Н. Челомея, сейчас НПО «Машиностроения») продолжало работы по созданию ОС *Алмаз*.

Из-за неготовности транспортного корабля снабжения собственной конструкции, первые полеты экипажей на ОС *Алмаз* (условное наименование *Салют-3* в 1974г. и *Салют-5* в 1976–77 гг.) проводились на модифицированных кораблях *Союз*, на которых использовались амортизационные кресла КАЗБЕК и скафандры СОКОЛ-К производства Звезды.

В то же время филиалом ЦКБМ продолжались работы по созданию собственного транспортного корабля, для которого на Звезде (в 1972–1978 гг.) проводился большой объем работ по адаптации скафандра типа СОКОЛ-К к системам возвращаемого аппарата (ВА) этого корабля. В связи с разработкой модифицированного скафандра СОКОЛ-КВ ЦКБМ также ориентировалось на него. При этом в отличие от системы кислородного питания скафандра, размещаемой в СА КК *Союз* и *Союз-Т*, которая изготавливалась ЦКБЭМ, для ВА большую часть этой системы, как и систему вентиляции скафандра и блок охлаждения разрабатывала Звезда.

Следует отметить, что кроме вариантов СОКОЛ-К и СОКОЛ-КВ Звездой в 1970–73 гг. прорабатывался ряд вариантов других систем для защиты космонавтов в случае разгерметизации космического корабля. В частности, для военного варианта *Союза* 7К-ВИ разрабатывались проекты использования различных типов высотно-компенсирующих костюмов единого давления и кислородного оборудования для них, были изготовлены и испытаны экспериментальные образцы изделий. Техническим заданием на защитное снаряжение корабля 7К-ВИ, выданным ОКБ-1 еще в 1970 году предусматривалось проведение в нем спасательных операций в любом отсеке корабля в течение до 4-х часов с применением автономной переносной системы жизнеобеспечения.

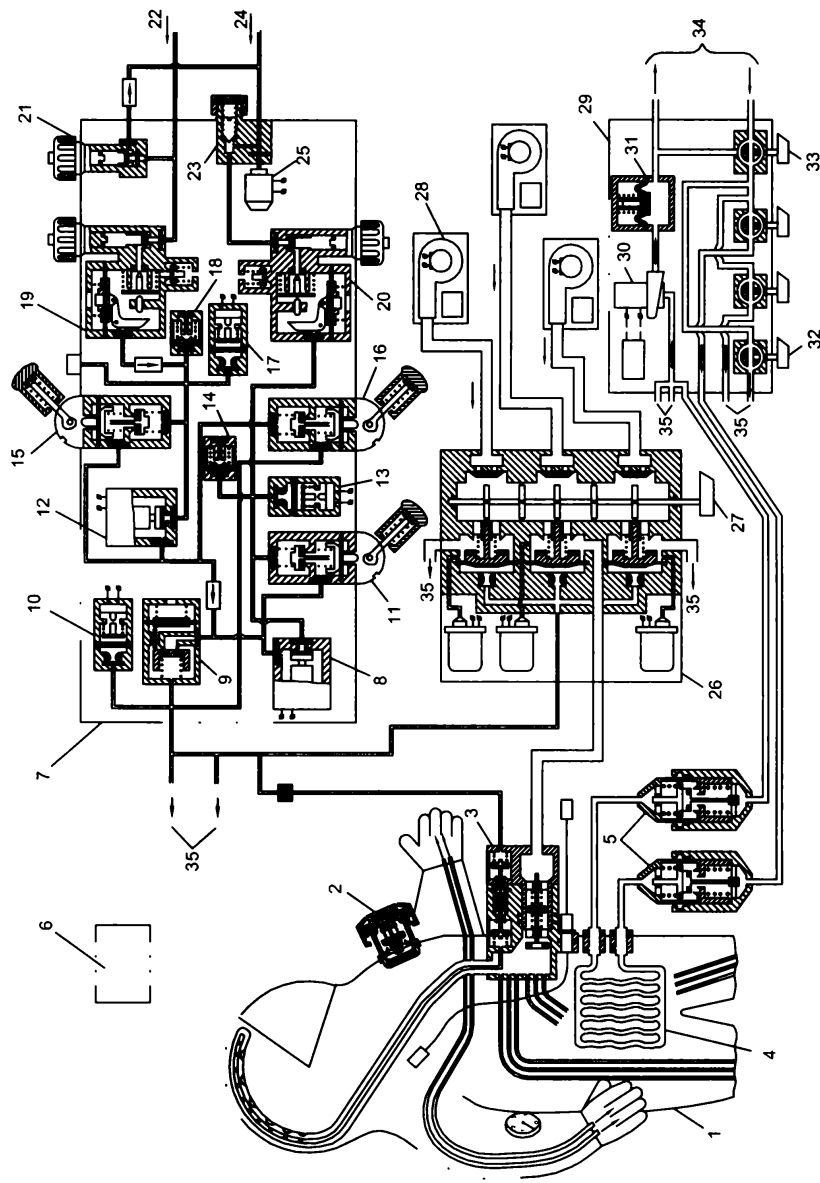


Рис. 7.5-1. Схема бортовой СОЖ скафандра СОКОЛ-КВ в возвращаемом аппарате (ВА) транспортного корабля по программе *Алмаз*: 1 — скафандр СОКОЛ-КВ; 2 — регулятор давления скафандра; 3 — объединенный разъем коммуникаций; 4 — костюм водяного охлаждения; 5 — разъемы коммуникаций водяного охлаждения; 6 — блок барореда; 7 — блок подачи кислорода (БПГ-1); 8, 12 — электропневмоклапаны; 9 — редуктор низкого давления; 10, 11, 15 — сигнализатор и краны включения подачи газа в СК; 13, 17 — сигнализаторы включения подачи кислорода от запаса газа ВА и, соответственно, орбитального отсека; 14, 18 — клапаны сброса; 16 — кран включения дополнительной подачи газа в линию СК; 19, 20 — редукторы высокого давления с вентилем; 21 — вентиль; 22, 24 — от источника газа, соответственно, орбитального отсека и ВА; 23 — зарядный штуцер; 25 — датчик давления; 26 — блок распределительный БР-1; 27 — ручка переключения режимов вентиляции; 28 — вентиль; 29 — блок гидравлический БГ-1М; 30 — водяной насос; 31 — гидроаккумулятор; 32 — запорный кран; 33 — кран регулирования температуры воды; 34 — к бортовому теплообменнику; 35 — к 2-му и 3-му скафандрам

Для спасательного снаряжения возвращаемого аппарата ЦКБМ Звездой прорабатывались схемы замкнутых СОЖ и скафандра регенерационного типа СОКОЛ-КР, позволяющие увеличить время работы в аварийной ситуации. При этом бортовая СОЖ должна была изготавливаться частично Звездой и частично Наукой.

Однако из-за задержек по разработке этой системы основным вариантом для ВА оставалось применение СК СОКОЛ-КВ с блоками подачи кислорода, вентиляции и охлаждения. При этом планировалось довести время спасения экипажа в случае разгерметизации ВА до 3 часов, в том числе от запаса кислорода в ВА в течение 105 минут и от системы орбитального блока — в течение 75 минут. Запас кислорода в ВА хранился при давлении 40 МПа.

Принятая схема бортовой СОЖ в ВА для СК СОКОЛ-КВ представлена на рис. 7.5-1. Для этой системы были изготовлены и испытаны бортовой блок распределительный БР-1, позволяющий дублировать работу вентиляторов скафандра, размещенных в кабине, блок охлаждения БГ-1М, блок подачи газа БПГ-1.

После закрытия работ по Алмазу работы для ВА также были прекращены.

7.6. СОКОЛ КВ-2

Несмотря на решение межведомственной комиссии (см. гл. 7.4) обсуждение концепции скафандра СОКОЛ-КВ для корабля *Союз-Т* было продолжено. С учетом того, что наличие системы водяного охлаждения осложняет эксплуатацию как скафандра, так и корабля и в ней нет крайней необходимости (так как условия эксплуатации, в том числе время полета в разгерметизированной кабине для КК *Союз-Т* сохраняются такими же как и для КК *Союз*), было принято решение о дальнейшей отработке скафандра СОКОЛ-КВ для корабля *Союз-Т* уже без водяного охлаждения.

Аналогичное решение впоследствии было принято и для ВА ЦКБМ. Однако изготовление скафандров, их испытания и доводки продолжались. В 1979 году были проведены заводские испытания СК и системы, а также совместные испытания в макете возвращаемого аппарата.

Накопленный при испытаниях опыт показал, что при всех преимуществах поперечный разъем оболочки не обеспечивал достаточной надежности. Одной из главных причин этого было отсутствие в нашей промышленности силовых застёжек-молний с надежным разъемным звеном, что могло приводить к неправильному их закрыванию.

Для того чтобы обеспечить необходимую надежность при сохранении основных преимуществ конструктивной схемы скафандра СОКОЛ-КВ, совместно с заказчиком было принято решение о частичной модификации скафандра с присвоением модернизированному скафандру индекса СОКОЛ КВ-2. В этом скафандре вместо поперечного разъема был выполнен передний распах в виде клина, направленного острием вниз с двумя неразъемными молниями



Рис. 7.6-1. Скафандр СОКОЛ КВ-2. В скафандре испытатель Н. И. Дергунов

по его сторонам (рис. 7.6-1 и 7.6-2). Для герметизации вновь был применен аппендикс. При этом сохранялись такие преимущества скафандра СОКОЛ-КВ, как меньшее время надевания (молния вместо шнуровки и отсутствие затяжки ворота), увеличенный шлем с большим обзором, размещение регулятора давления в наиболее удобном для досягания месте и совмещение его функций с функциями клапана подсоса. Сохранялась также конструкция рукавов, оболочки ног, перчаток.

В связи с изъятием системы водяного охлаждения, трубки системы внутренней вентиляции скафандра были перенесены на оболочку СК. Разъем ОРК-21, включавший линии вентиляции, кислорода и электропитания, был заменен на два шланга с байонетными разъемами на свободных концах и отдельный электроввод (по аналогии с коммуникациями скафандра СОКОЛ-К).

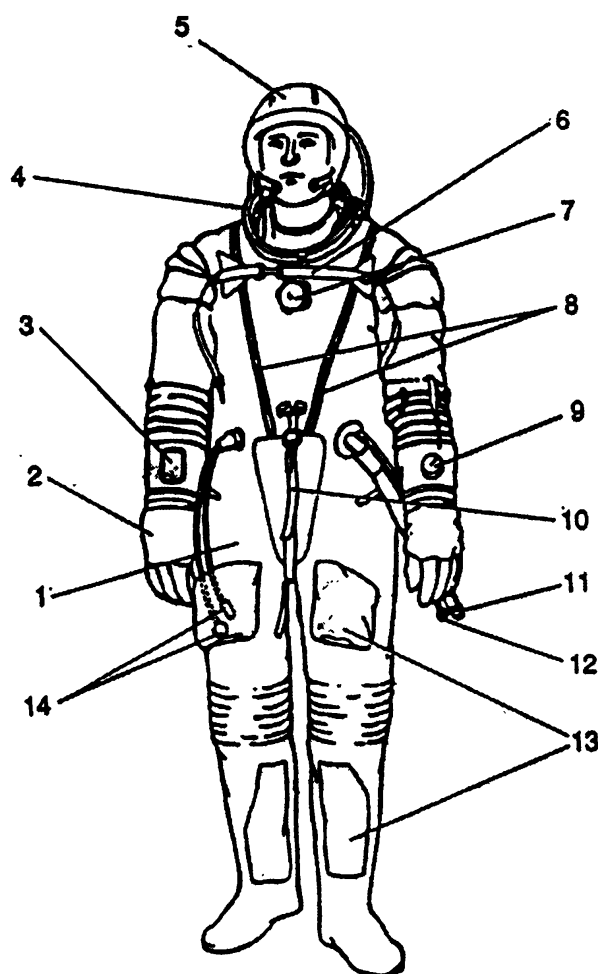


Рис. 7.6-2. Спасательный скафандр СОКОЛ КВ-2: 1 — оболочка скафандра; 2 — перчатки; 3 — зеркало; 4 — разъем шлема; 5 — шлемофон; 6 — поперечная лямка с карабином; 7 — регулятор давления; 8 — передние молнии; 9 — манометр; 10 — передняя лямка подтяга (регулировки) корпуса; 11 — вентиляционный шланг; 12 — шланг подачи кислорода; 13 — карманы; 14 — электроразъемы радиосвязи и медицинских датчиков

Из системы бортового оборудования был исключен блок БГ-1М. Схема бортовой СОЖ кораблей *Союз-Т*, *Союз-ТМ* и *Союз-ТМА* представлена на рис. 7.6-3.

В 1979 году были проведены физиологические испытания в скафандрах СОКОЛ КВ-2, дополнительные совместные испытания в ГКНИИ ВВС и начато изготовление штатных скафандров.

Первый полет в скафандрах СОКОЛ КВ-2 выполнили космонавты Ю.В. Малышев и В.В. Аксенов на корабле *Союз Т-2* 05.06.80 г., второй в том же году — космонавты Л.Д. Кизим, О.Г. Макаров и Г.М. Стрекалов на корабле *Союз Т-3*.

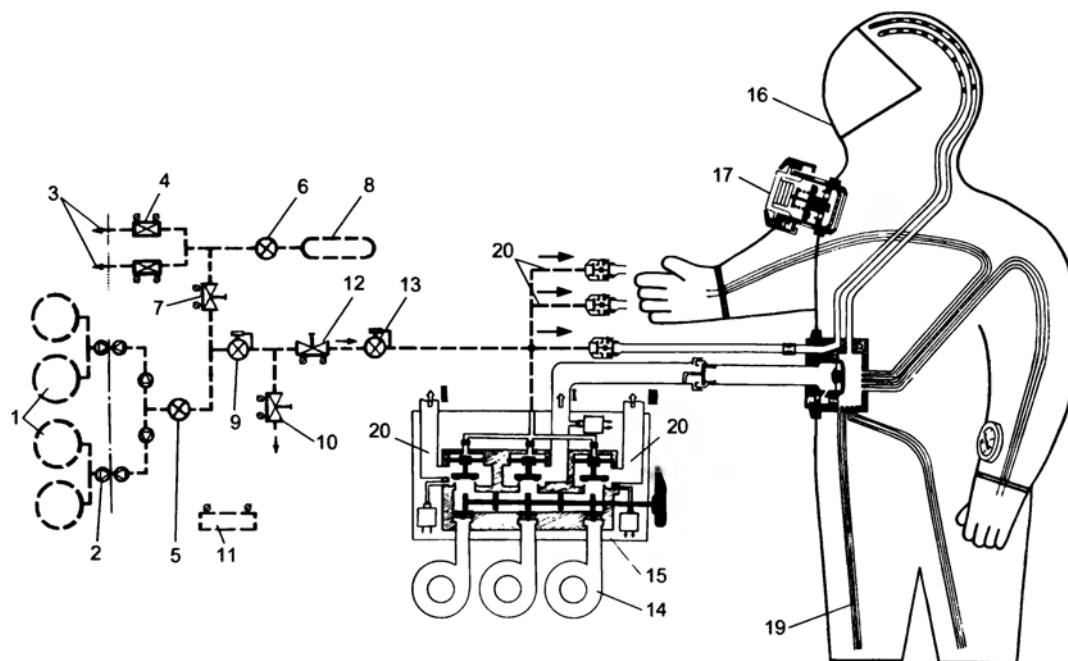


Рис. 7.6-3. Схема бортовой СОЖ скафандра СОКОЛ КВ-2 для кораблей *Союз-Т* и *Союз-ТМ*: 1 — запас кислорода в баллонах; 2 — обратный клапан; 3 — сброс кислорода в атмосферу перед приземлением корабля; 4 — электроклапан; 5, 6 — вентили; 7, 10, 12 — управляемые электроклапаны; 8 — кислородный баллон в СА; 9, 13 — редукторы; 11 — блок барореле; 14 — вентилятор; 15 — блок БР-1М; 16 — скафандр СОКОЛ КВ-2; 17 — регулятор давления в скафандре; 18 — групповой ввод шлангов; 19 — система вентиляции скафандра; 20 — к 2-му и 3-му скафандрам



Рис. 7.6-4. Изготовление скафандров СОКОЛ КВ-2 для экипажа очередной экспедиции на МКС (февраль 2003 г.)

Скафандры СОКОЛ КВ-2 успешно эксплуатируются и по сей день на кораблях *Союз-ТМА*, в том числе экипажами *МКС*.

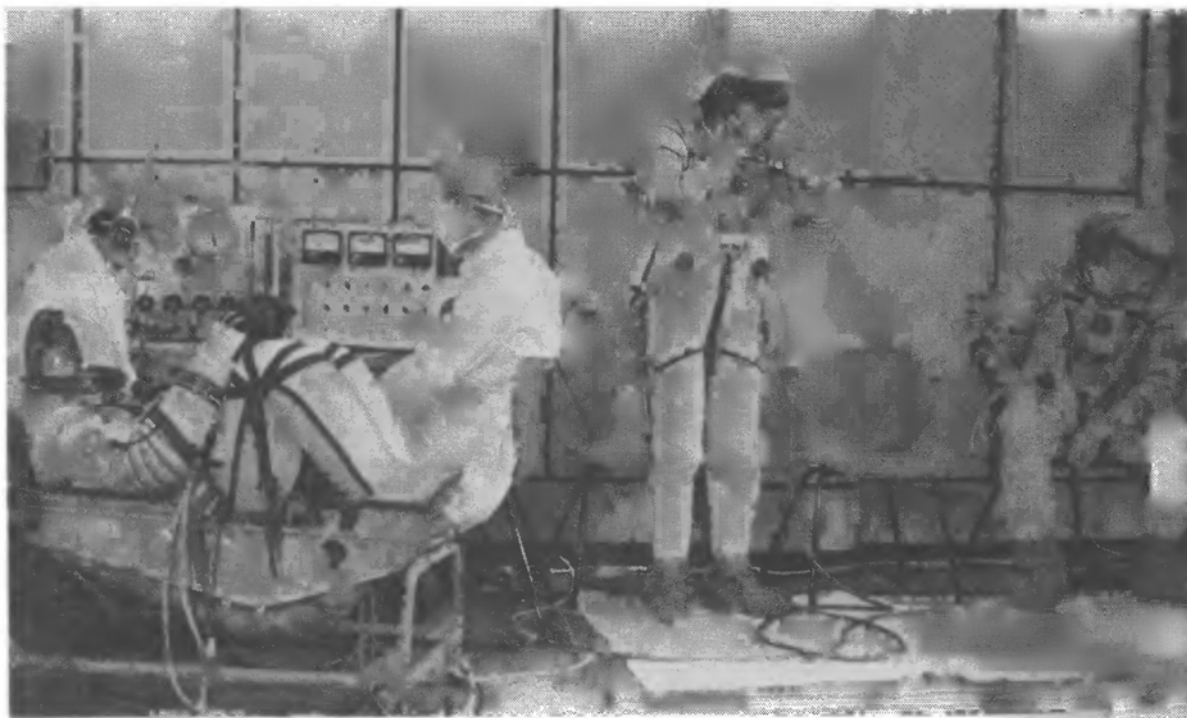


Рис. 7.6-5. Космонавты А.И. Попов, А.А. Серебров и С.Е. Савицкая готовятся к полету на станцию *Салют-7* (Лаборатория Звезды на Байконуре, 1982 г.)

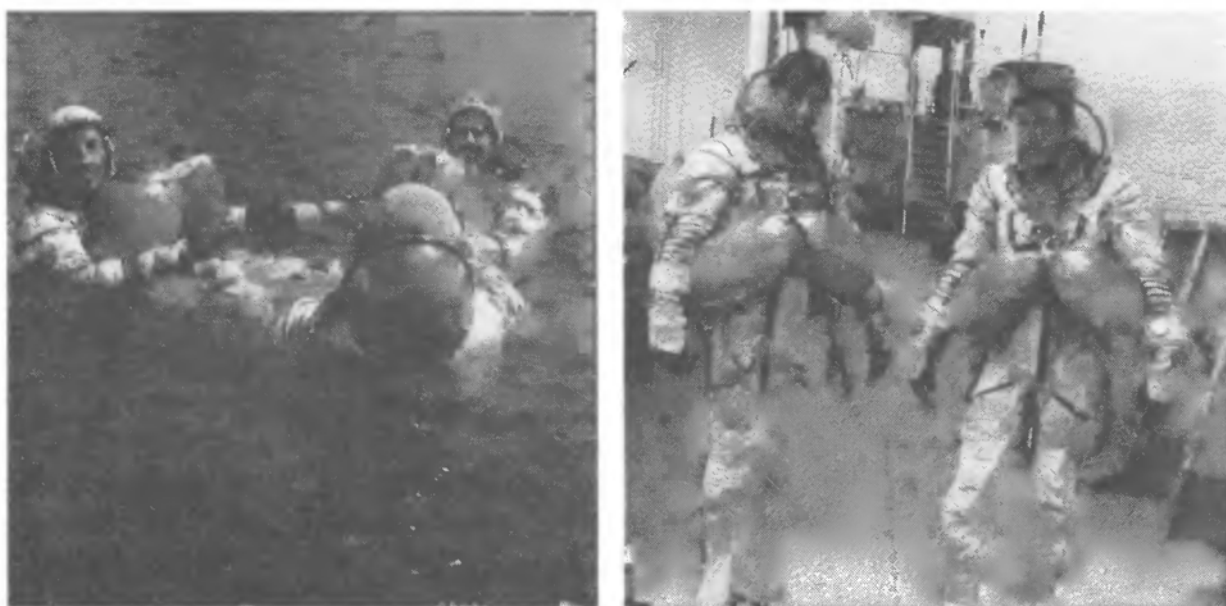


Рис. 7.6-6. Тренировка на море летчиков Индии Ракшиша Шарма и Равиша Мальхотра в скафандрах СОКОЛ КВ-2 (с плавательным воротом) при подготовке к полету на ОС *Салют-7*

Успешной эксплуатации скафандров способствует и устоявшаяся к настоящему времени на Звезде технология примерок и оценки скафандров экипажами.



Рис. 7.6-7. Космонавты В. Ф. Быковский и В. В. Аксенов в скафандрах СОКОЛ-К с переносными вентиляционными установками направляются к автобусу для поездки на стартовую позицию (15.09.1976 г.). На снимке их сопровождают (слева направо) сотрудники Звезды М. Гунбин и Ю. Пенкин и представитель ЦПК И. Новохатский

Каждый из членов экипажа после изготовления летного скафандра (рис. 7.6-4) оценивает качество его подгонки, для чего размещается в кресле КАЗБЕК в своем индивидуальном ложементе и «отсидживает» в нем в штатной позе под избыточным давлением в СК в течение 2-х часов (в наземных условиях). По результатам этой работы проводится переподгонка или доработка скафандра. Следующий этап оценки — повторение этой же процедуры в барокамере с имитацией штатной подачи кислорода в шлем скафандра. Последний этап оценки — примерка СК перед полетом на Байконуре (рис. 7.6-5) и «отсидка» в нем в СА реального корабля. В лаборатории Звезды на Байконуре проводятся также окончательная проверка скафандра и его предполетная подготовка.

Работы, проводимые на Байконуре, осуществляет специальная бригада Звезды, которой длительное время руководил Б. В. Михайлов, а в настоящее время А. В. Алексеев.

Кроме работ на Звезде все экипажи проходят большой объем тренировок в скафандрах в ЦПК. Это и работы на тренажерах корабля *Союз* с имитацией различных нештатных ситуаций, пребывание в условиях безлюдной местности после приземления, а также тренировки на море на случай нештатного попадания корабля на воду (рис. 7.6-6).

Для предполетной проверки скафандров Звездой разработана специальная наземная испытательная аппаратура и комплект приспособлений. Вентиляция скафандров в процессе примерки экипажей на Байконуре осуществляется воздухом от наземных источников космодрома. Для вентиляции скафандров во время следования космонавтов на стартовую позицию были разработаны специальные переносные вентиляционные установки (ПВУ). В их состав входят вентилятор, обеспечивающий забор атмосферного воздуха и подачу его в скафандр, и автономный источник электропитания (рис. 7.6-7). ПВУ укомплектовано также теплообменником, который в случае необходимости может охладить поступающий в скафандр воздух за счет таяния льда, закладываемого в него перед использованием.

Следует отметить, что подобные установки начали применяться Звездой еще начиная с полета корабля *Восход-2*.

Скафандры орбитального базирования типа ОРЛАН

8.1. Краткая историческая справка

Создание впервые в мире скафандра орбитального базирования — одно из приоритетных достижений коллектива Звезды. Наряду с созданием систем для первого полета в космос Ю.А. Гагарина и первого в мире выхода А. Леонова в открытый космос работы по орбитальному скафандру и его успешная эксплуатация в течение более чем четверти века подтвердили ведущую роль Звезды в этой области.

Как уже говорилось, ЦКБМ (В.Н. Челомей) во 2-ой половине 60-х годов вело разработку орбитальной станции *Алмаз*, в которой планировалось применить скафандр для выхода в открытый космос (прежде всего для перехода из транспортного корабля в орбитальный отсек). К началу этих работ на Звезде уже имелся большой задел по скафандрам для выхода в космос. В первую очередь это уже подготовленный к штатному применению СК ЯСТРЕБ с ранцем РВР-1П, это полужесткий скафандр ОРЛАН командира лунной экспедиции по программе Л-3, и, наконец, скафандр мягкого типа ОРЕЛ. К 1967 году наиболее отработанным из них был скафандр ЯСТРЕБ с ранцем РВР-1П, поэтому были согласованы необходимые документы об использовании этих изделий на *Алмазе*, проведены примерки в макете шлюзовой камеры этой станции и было запланировано их изготовление.

В то же время не снимался вопрос и о наличии на некоторых космических кораблях спасательного скафандра. В частности, такое требование существовало для военного варианта *Союза 7К-ВИ* и для транспортного корабля комплекса *Алмаз*. Поэтому при выборе схемы скафандра для орбитальной станции нельзя было обойти вопрос об использовании универсального скафандра. Однако применение универсального скафандра, используемого как в качестве спасательного, так и для выхода в космос, ограничивало возможный перечень вариантов конструктивных схем СК.

Например, использование полужесткого скафандра практически неприемлемо в качестве спасательного из-за невозможности размещения в нем в амортизационном кресле (на взлете и при посадке). Кроме того, требования к скафандру для выхода в космос и к спасательному СК весьма различны. Первый штатно используется под избыточным давлением вне корабля, должен быть весьма надежным и имеет ряд устройств, не нужных для спасательного скафандра. Спасательный СК используется под избыточным давлением лишь в аварийной ситуации. При штатном полете он должен по

возможности минимально стеснять движения экипажа при работе в тесной кабине корабля.

Поэтому при переходе к регулярным выходам в космос из орбитальной станции специалистами Звезды было предложено использовать два различных типа скафандров: максимально облегченный спасательный скафандр, изготавливаемый индивидуально для каждого космонавта, и более сложный и надежный СК для выхода в космос. Такая концепция сняла ряд ограничений с конструкции скафандра и позволила предложить использовать для обеспечения ВКД из орбитальной станции более перспективную схему полужесткого скафандра типа ОРЛАН (на базе скафандра командира лунной экспедиции программы Л-3).

Преимущества этого скафандра были ранее перечислены в разделе 6. Более того, такой скафандр обеспечивает возможность его использования несколькими экипажами за счет простой переподгонки его размеров на орбите и легко может быть доработан в части съёмности расходуемых элементов, которые должны меняться после каждого выхода в космос.

После тщательной проработки и проведения примерки СК ОРЛАН на макете *Алмаза* по предложению Звезды в ноябре 1969 года совместно с ЦКБМ было принято решение о применении на нем ОРЛАНА.

Пункты 1 и 2 этого решения, утвержденного Г. И. Севериным 28.11.69 г. и заместителем В. Н. Челомея А. И. Эйдисом 20.11.69 г. гласят:

«1. В соответствии с результатами проработки, выполненной на основании Решения комиссии от 03.07.68 г., настоящим решением аннулируются ранее утвержденные документы о применении на ОС *Алмаз* СК типа ЯСТРЕБ и согласовывается применение нового более совершенного типа СК ОРЛАН.

2. Скафандр ОРЛАН предназначен для выхода в открытый космос одного или двух членов экипажа через шлюзовую камеру, имеющую люк диаметром 785 мм, для выполнения работ по обслуживанию бортового оборудования на внешней поверхности корабля, а также для выполнения операций с отходом от корабля и маневрированием при помощи индивидуальной двигательной установки (заказывается ЦКБМ по отдельному техническому заданию).»

Прорабатывается также вопрос о разработке и применении со скафандром ОРЛАН отдельного автономного блока с аппаратурой радиосвязи, телеметрии и электропитания».

Этим же решением предусматривалось обеспечить время работы в СК при ВКД на *Алмазе* 5 часов и проведение 2-4 выходов на протяжении 2,5 месяцев. Планировалась проработка возможности дозаправки на борту станции СОЖ скафандра кислородом и водой и возможности смены поглотительного патрона.

В связи с задержкой работ по *Алмазу* и предстоящим запуском США станции *Скайлэб* группа специалистов ЦКБЭМ (бывшего ОКБ-1) в конце 1969 года вышла с предложением в короткие сроки создать орбитальную станцию научного и народно-хозяйственного назначения с использованием имеющегося задела элементов орбитального блока станции *Алмаз*, установив в него уже отработанные системы корабля *Союз*.

На основе этого предложения 09.02.1970 года вышло Постановление Правительства о разработке долговременной орбитальной станции ДОС-7К и уже 19 апреля 1971 года первая станция под наименованием *Салют* вышла на орбиту.

В начале 1970 года в соответствии с вышеуказанными документами о создании ОС ДОС-7К была начата разработка, исследование и экспериментальная отработка скафандра ОРЛАН применительно и к этой станции. В апреле 1970 г. от ЦКБЭМ были получены исходные данные на СК ОРЛАН для ДОС-7К (они были утверждены К. Д. Бушуевым 10.04.70 г. и Г. И. Севериным 30.04.70 г.). Модифицированному скафандру был присвоен индекс ОРЛАН-Д (буква «Д» являлась первой буквой названия ДОС). Модификация скафандра была связана в основном с необходимостью длительного и много-разового применения СК на орбитальной станции и с обслуживанием его на борту ОС самими космонавтами. Поэтому в состав комплекта скафандра должно было входить оборудование, обеспечивающее:

- хранение скафандров на борту станции в уложенном положении;
- выполнение необходимых работ по обслуживанию и подготовке скафандров к работе;
- выполнение работ по шлюзованию;
- сушку скафандров и их подготовку к повторным ВКД.

Предусматривалась дозаправка баллонов ранца кислородом, дозаправка водой и замена поглотительного патрона.

Исходными данными планировалось время работы скафандра на орбите 3 месяца, общее время ВКД не менее 10 часов (с учетом дозаправки), выполнение 3–4 выходов в космос с временем от 2-х до 4-х часов каждый. Общая масса 2-х скафандров в заправленном состоянии не должна была превышать 216 кг (с учетом бортовых элементов).

В 1970 году были разработаны чертежи на модифицированный скафандр и ранец с агрегатами СОЖ. Начаты исследования по длительному хранению изделий на ОС и по их повторному использованию. В 1971 году эти работы были продолжены, были разработаны и изготовлены изделия для технических испытаний, в том числе бортовые блоки БСС-1 (блок стыковки СК для пневмогидравлической связи скафандра с бортовым оборудованием шлюза), БВС-2 (бортовая система вентиляции для обеспечения сушки скафандра), электрофалы для обеспечения подачи электропитания с борта ОС, обеспечения радиосвязи и телеметрии. Длина электрофалов выбиралась так, чтобы обеспечивалась возможность выполнения ВКД на расстоянии до 15–20 м от выходного люка. Электрофалы выполняли также функции страховки космонавта при ВКД. Проводилась также экспериментальная отработка комплекта сменных элементов и бортовой системы заправки и проверки СЗП-1.

Одновременно в соответствии с планом, утвержденным МАП и МОМ в середине 1970 г. велись работы по комплекту ОРЛАН-Д применительно к *Алмазу*. Были начаты работы по изготовлению скафандров для работ в гидролаборатории ЦПК, для тренировок и для совместных испытаний с системами

шлюзования в ТБК-60 в ГК НИИ ВВС. Для использования на *Алмазе* были разработаны и изготовлены бортовые блоки стыковки Б-3.

В связи с задержкой с изготовлением изделий комплекса *Алмаз* и решением ЦКБЭМ не устанавливать ОРЛАН-Д на ОС *Салют-1* (ДОС № 3) работы по скафандрам для орбитальных станций в 1972 и 1973 годах ограничивались доводками конструкции и проведением различного вида испытаний. В мае 1973 года Звезда обратилась к ЦКБЭМ с просьбой ускорить решение вопроса об использовании скафандра ОРЛАН-Д на орбитальной станции. Это позволило бы получить опыт эксплуатации скафандра в реальных условиях для использования его в перспективных разработках и, в частности, при планировавшихся в то время работах по программе ЛЗМ (см. раздел 6.2). Вскоре с ЦКБЭМ была достигнута договоренность о начале эксплуатации СК ОРЛАН-Д на ДОС № 5 (ОС *Салют-6*). Эта договоренность была оформлена в январе 1974 года совместным с ЦКБЭМ решением № 2/511-74 и затем Решением комиссии от 18.09.1974 г. и соответствующими Указаниями Министерства.

В июне 1974 г. применительно к использованию на ДОС № 5 было согласовано окончательное техническое задание на СК ОРЛАН-Д. К 1976 году был закончен основной цикл физиологических и технических испытаний скафандра и его систем, закончены длительные (в течение 2-х лет) испытания гидросистемы скафандра. К середине 1977 года закончены ресурсные испытания скафандра и межведомственные испытания (вместе с системой шлюзования) в ГК НИИ ВВС, после чего осуществлена подготовка к установке на ОС *Салют-6* штатных изделий ОРЛАН-Д №№ 33 и 34 и запасных изделий №№ 35, 36 и 38 (рис. 8.1.1 а, б). Параллельно проводились тренировки космонавтов в барокамерах Звезды, ГК НИИ ВВС, в гидроневесомости и на летающей лаборатории ТУ-104.

Работы со скафандрами ОРЛАН-Д в эти годы применительно к *Алмазу* также не прекращались. В частности, были проведены межведомственные испытания СОЖ станции с участием скафандров ОРЛАН-Д и испытания в термобарокамере ТБК-60. После полета ОС *Салют-6* и прекращения работ по *Алмазу* дальнейшая работа со скафандрами ОРЛАН-Д для этой программы также прекратилась.

Как известно, первый выход в открытый космос в полужестком скафандре ОРЛАН-Д был осуществлен космонавтами Ю. В. Романенко и Г. М. Гречко из орбитальной станции *Салют-6* 20.12.1977 г. (рис. 8.1-2 и 8.1-3). С тех пор эти скафандры, постоянно совершенствуемые и претерпевшие несколько модификаций, стали скафандрами орбитального базирования. Они постоянно находились на борту орбитальных станций *Салют* и затем *Мир* и *МКС*, позволяя осуществлять работы в открытом космосе практически всем членам экипажа этих станций. Более подробно особенности каждой из модификаций скафандров ОРЛАН, а также скафандров для тренировок экипажей описываются в последующих разделах.

Кроме собственно скафандров и их систем для проведения испытаний и проверки изделий был разработан и изготовлен большой комплект наземного



(a)



(б)

Рис. 8.1-1. Общий вид скафандра ОРЛАН-Д (а), (б — без верхней одежды)

оборудования. По мере модификации скафандров соответственно дорабатывалось и наземное оборудование.

В создании и отработке скафандров орбитального базирования начиная с конца 1960-х годов принимали непосредственное участие многие сотрудники Звезды, поименно перечислить которых в настоящем труде не представляется возможным: конструкторы, исследователи, испытатели, расчетчики, медики, рабочие и инженерно-технические работники производственных подразделений. Активное участие в этой работе принимал также ряд представителей заказчика РКК Энергия, Центра подготовки космонавтов и ВВС, специалисты смежных предприятий. Бессменными ведущими конструкторами на протяжении всей этой работы являлись И. П. Абрамов (СОЖ и система в целом), А. Ю. Стоклицкий (оболочка скафандра), И. И. Чистяков (электрооборудование), на отдельных этапах Р. Х. Шарипов (система терморегулирования) и начиная с 1995 г. Е. А. Альбац (СОЖ). Хотелось бы отметить большую роль испытателей скафандров ОРЛАН, в особенности А. Ц. Элбакяна, В. Бычкова, Г. М. Глазова, Г. М. Щавелева, М. М. Балашова и других.

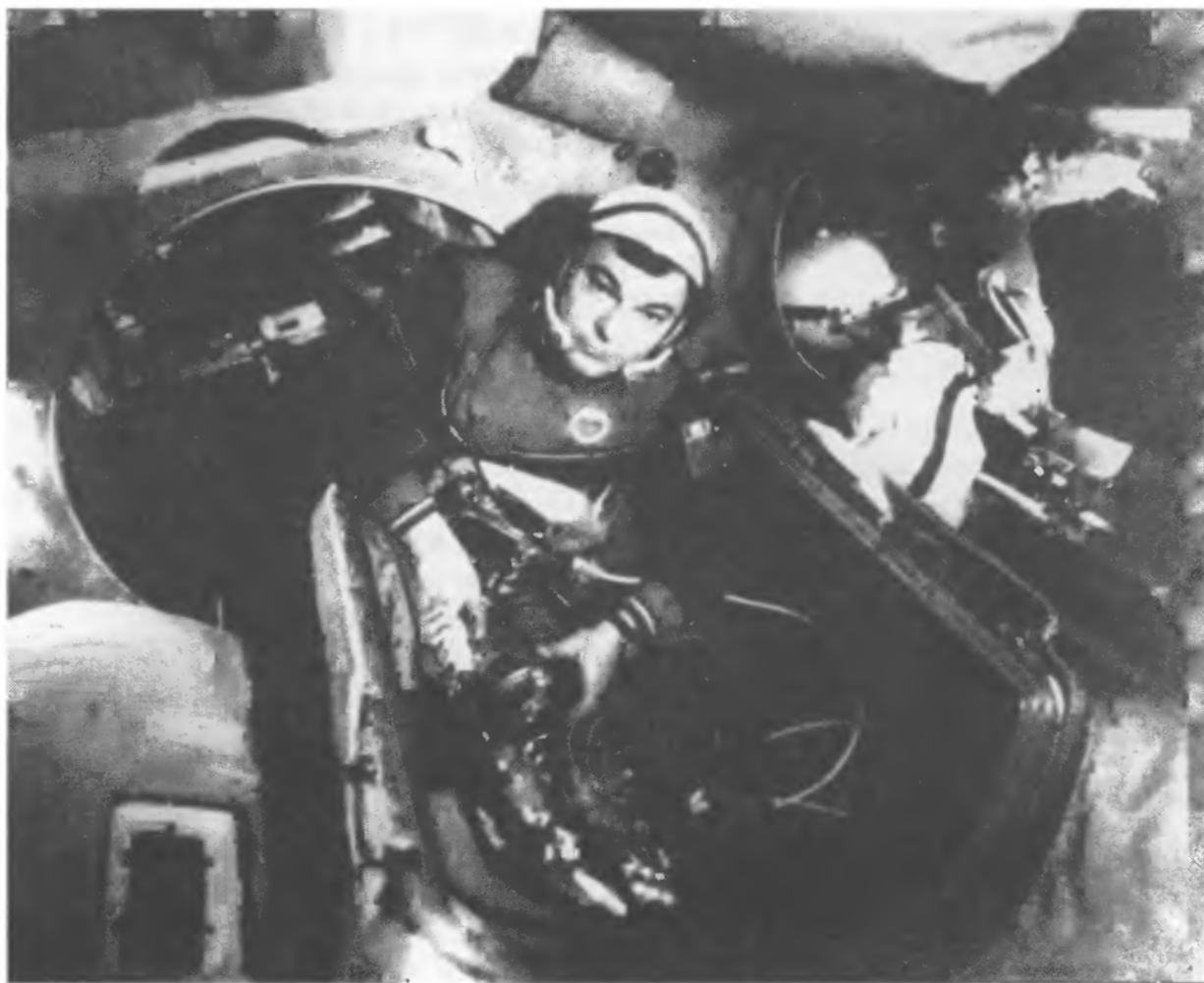


Рис. 8.1-2. Космонавт Ю. Романенко готовит скафандр ОРЛАН-Д к первому выходу из ОС *Салют-6* (снимок Г.М. Гречко)

8.2. Конструктивные особенности и отработка скафандров типа ОРЛАН

На 15.09.2004 года в скафандрах типа ОРЛАН из орбитальных станций *Салют*, *Мир* и *МКС* осуществлено 218 чел./выходов общей продолжительностью около 900 часов. Выходы осуществлялись 47 экипажами с участием космонавтов Франции, ЕКА и астронавтов НАСА. За прошедший период на этих ОС использовалось 27 скафандров типа ОРЛАН четырех модификаций, часть скафандров эксплуатировалась на орбите свыше 3 лет.

При проведении модификации или доработок скафандра неизменным оставался принцип орбитального базирования, обеспечение быстрого самостоятельного надевания-снятия, использование одного типоразмера скафандра для космонавтов с различными антропометрическими данными,



Рис. 8.1-3. Встреча космонавтов Ю. Романенко и Г. Гречко с коллективом Звезды (1978 г.) Сидят (слева направо): А. Савинов, И. Абрамов, Ю. Романенко, Г. Северин, Г. Гречко, В. Дубров, А. Барер; стоят: И. Резников (представитель ЦПК), Ф. Востоков, А. Стоклицкий, Е. Демин (ЦКБЭМ), Н. Дмитроченко (представитель ЦПК), В. Гальперин, Н. Князев, И. Соколовский

многоразовое применение с возможностью замены сменных и вышедших из строя элементов. Конструктивная схема последней модификации скафандра ОРЛАН-М и принципиальная схема его СОЖ приведены на рис. 8.2-1. и 8.2-2.

При отработке скафандра и при его модификациях кроме вышеизложенного, в первую очередь, решались такие проблемы как обеспечение эффективной работы экипажа в СК при выполнении ВКД и обеспечение его безопасности. Мероприятия, обеспечивающие решение этих проблем, условно можно разбить на несколько групп:

- создание конструкции СК и его систем, наиболее полно отвечающей поставленным требованиям, и в первую очередь по обеспечению подвижности космонавта и по надежности;
- отработка технологии и методик подготовки СК к ВКД и проведения профилактических и регламентных работ;
- экспериментальное подтверждение работоспособности изделий при наземной отработке.

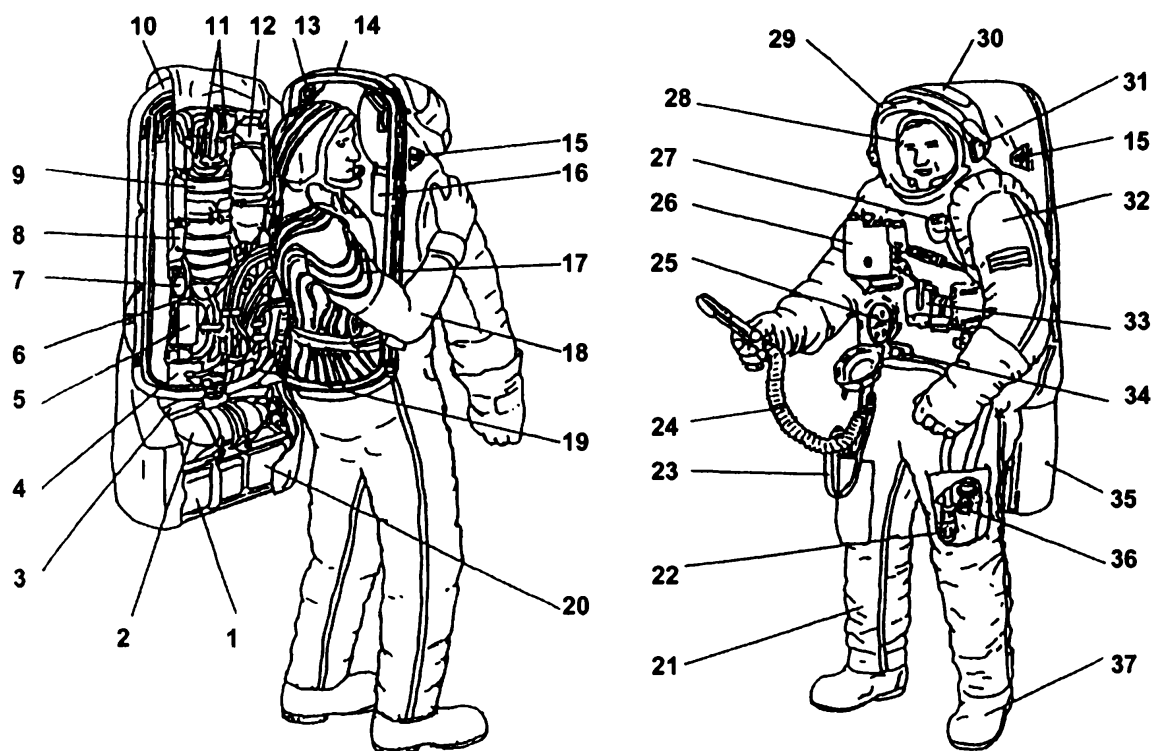


Рис. 8.2-1. Конструктивная схема СК ОРЛАН: 1 — батарея; 2 — основной кислородный баллон; 3 — блок телеметрии; 4 — влагосорбник; 5 — измерительный комплекс; 6 — теплообменник; 7 — фильтр; 8 — бачок с питающей водой; 9 — поглотительный патрон; 10 — наспинный ранец; 11 — основной и резервный вентиляторы; 12 — запасной кислородный баллон; 13 — регуляторы давления скафандра; 14 — кираса; 15 — узел крепления сейфера; 16 — питьевой бачок; 17 — КВО; 18 — белье; 19 — основной и резервный насосы; 20 — радиостанция; 21 — нижняя мягкая часть скафандра; 22 — электрический разъем; 23 — страховочный фал; 24 — страховочный фал переменной длины; 25 — объединенный разъем; 26 — электрический пульт; 27 — манометр; 28 — шлемофон; 29 — светофильтр; 30 — верхний иллюминатор; 31 — светильники; 32 — рукава; 33 — пневмопульт; 34 — узел крепления скафандра; 35 — БРТА; 36 — разъем шланга аварийной подачи кислорода; 37 — ботинки

Концепция построения принципиальных схем систем и конструкции СК типа ОРЛАН выбиралась исходя из следующего: ни один единичный отказ элементов СК не должен приводить к невыполнению программы ВКД, а отказы, приводящие к катастрофическим последствиям, должны быть полностью исключены. Основой этой концепции являлось дублирование основных жизненно-важных функций СК либо на уровне элементов, либо на уровне подсистем. Элементы скафандра, повреждение которых может привести к потере герметичности, дублируются: применены двойное остекление и две гермооболочки мягких частей скафандра, причем резервная гермооболочка включается автоматически при отказе основной. Разъемные и подвижные

соединения скафандра (разъем входа в скафандр, гермоподшипники) имеют двухбарьерное уплотнение. Места стыков элементов, сварочные швы и другие ответственные места жесткого металлического корпуса дополнительно обклеены изнутри герметизирующим тканевым или резиновым материалом.

Выбор конструкции полужесткого скафандра в сочетании с использованием шарниров и гермоподшипников на мягких частях скафандра дал возможность применить в нем довольно высокое рабочее давление порядка 400 гПа, которое позволило снизить до минимума время десатурации организма членов экипажа перед ВКД практически без риска появления декомпрессионных расстройств.

Выбор материалов для элементов СК орбитального базирования осуществлялся исходя из их износостойкости, коррозионной стойкости, отсутствия вредных выделений, пожаробезопасности (в особенности для электроагрегатов и электрокабелей).

Весьма существенной и одной из труднейших задач являлось решение проблемы длительного пребывания скафандра на орбите без возврата на Землю и, в особенности длительного хранения циркулирующей в гидросистеме скафандра воды. Разработке системы предшествовали исследования по подбору консерванта для воды, который обеспечивал бы как сохранение ее качества, так и отсутствие коррозии применяемых материалов в течение длительного срока эксплуатации. Исследования проводились на образцах материалов, а также на собранной системе в целом. Наилучшие результаты были получены для воды с добавкой ионов серебра. В результате была отработана следующая технология наземной подготовки и заправки водой контура водяного охлаждения СК:

- очистка элементов системы путем промывки ее дистиллированной водой;
- дезинфекция контура гидросистемы путем заполнения ее водой с содержанием серебра 2 мг/л с выдержкой в течение 1–2 суток;
- заполнение системы химически обессоленной водой с добавлением в нее ионов серебра 0,2 мг/л.

В гидросистеме используются в основном детали из нержавеющей стали и поливинилхлоридные трубки, а также небольшое количество резиновых элементов (гибкие мембраны, уплотнительные кольца). Корпус теплообменника изготовлен из алюминиевого сплава со специальным покрытием. Водяной контур системы охлаждения выполнен таким образом, что даже при сильном загрязнении воды, циркуляция в контуре сохраняется в необходимых пределах. Подсистема подачи питающей воды (хладагента) изолирована от остальной части контура системы охлаждения, бак для хранения этой воды выполнен из фторопластовой пленки, а отводящий трубопровод — из поливинилхлоридной трубки. Подготовка этой системы осуществляется по технологии, близкой к технологии подготовки контура системы охлаждения. В процессе эксплуатации (на орбите) осуществляется периодическая очистка воды контура системы охлаждения специальным фильтром с добавлением

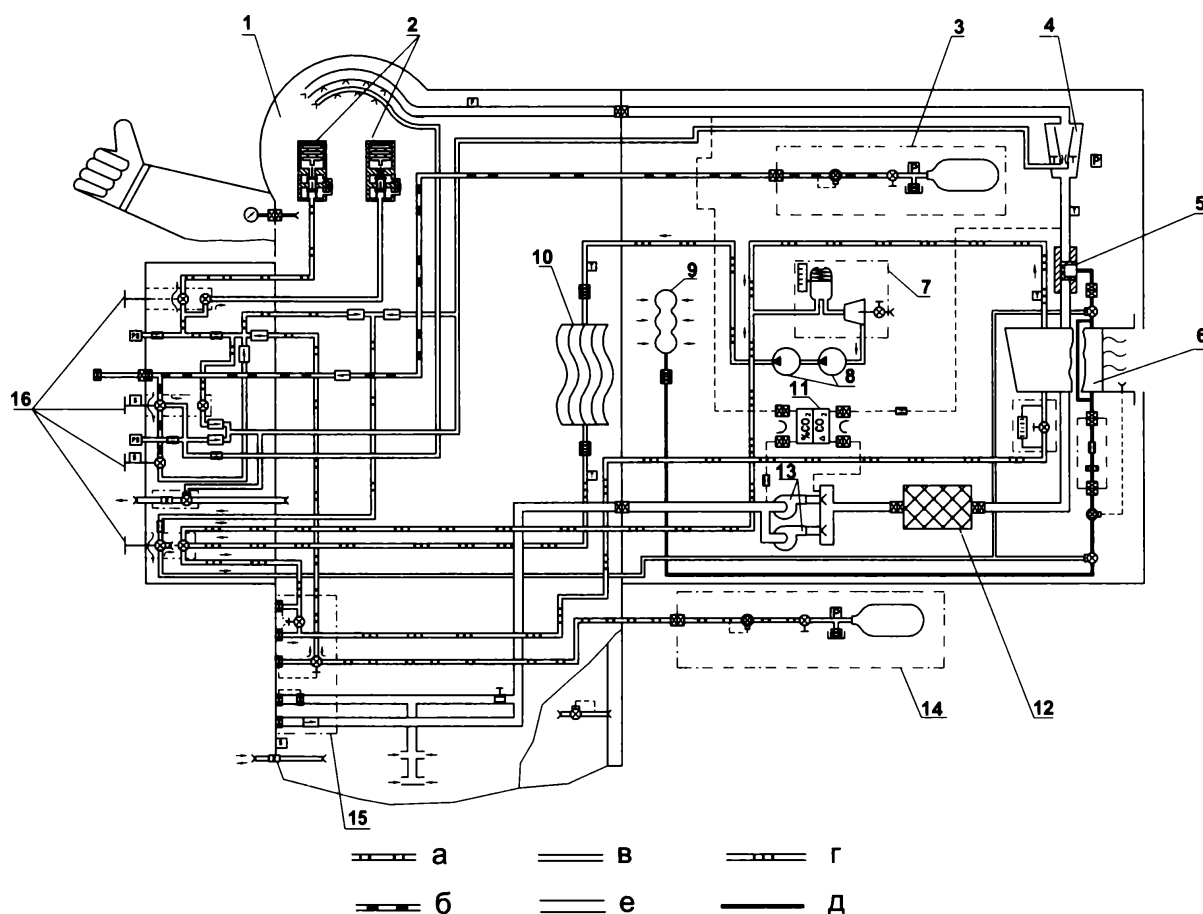


Рис. 8.2-2. Принципиальная схема автономной СОЖ скафандра ОРЛАН-М: кислородная система основная (а) и резервная (б); трубопроводы: кислородные (в), охлаждающей воды (г) и питающей воды (д); е — контур вентиляции: 1 — внутренняя полость оболочки скафандра; 2 — регуляторы давления; 3, 14 — блоки с резервным и основным запасом кислорода; 4 — инжектор; 5 — влагосорбник-влагоотделитель; 6 — сублимационный теплообменник; 7 — гидроаккумулятор с сепаратором; 8 — основной и резервный водяные насосы; 9 — бак с запасом воды для подачи в теплообменник; 10 — костюм водяного охлаждения; 11 — блок измерений; 12 — патрон поглощения углекислоты и вредных примесей; 13 — основной и резервный вентиляторы; 15 — объединенный разъем для подсоединения коммуникаций скафандра к бортовым системам при шлюзовании; 16 — органы управления АСОЖ

небольшого количества серебра. Дальнейшее длительное использование СК подтвердило эффективность принятой методики обслуживания гидросистемы.

С целью повышения ресурса и исключения возможности засорения пор сублиматора на его входе устанавливается одноразовый легкосъемный фильтр и осуществляется замена влагосорбника — сепаратора, через который производится отвод конденсата в сублиматор.

Для снижения времени, затрачиваемого на техобслуживание, в конструкции СК обеспечены легкосъёмность кислородных баллонов, поглощательного патрона, бака с питающей водой и других расходующихся элементов. Резервный и основной кислородные баллоны унифицированы с баллонами, используемыми в бортовой системе в процессе шлюзования.

Необходимый микроклимат внутри скафандра создается автономной СОЖ замкнутого регенерационного типа. Она представляет собой комплекс технических устройств, включающий систему кислородного питания с аппаратурой для поддержания давления в скафандре, систему вентиляции и регулирования газового состава, систему терморегулирования, электрооборудование, агрегаты управления и приборы контроля.

В системе кислородного питания подача газа в скафандр при штатной работе осуществляется через 2 дублирующих друг друга регулятора, которые автоматически выдают кислород по потребности — пропорционально скорости падения давления в скафандре. Подача газа в скафандр с расходом порядка 1 кг/час может быть включена также вручную с помощью инжектора, который встроен в систему вентиляции и размещен на линии подачи газа в шлем. Кроме того, в АСОЖ скафандров имеется отдельная резервная кислородная система, которая может использоваться как в штатном режиме по описанной выше схеме, так и в аварийной ситуации, когда кислород поступает в СК непрерывным потоком с расходом порядка 2 кг/ч, причем примерно половина ее поступает непосредственно в шлем СК, а вторая часть через инжектор. Аварийная подача кислорода от резервной системы включается космонавтом вручную.

При падении давления в СК ниже 220 гПа (для СК ОРЛАН-Д, -ДМ и -ДМА) или ниже 270 гПа (для СК ОРЛАН-М) аварийная подача в скафандр включается регуляторами давления автоматически. При этом максимально возможная величина аварийной подачи равна примерно 3 кг/ч (суммарно с величиной аварийной подачи, включаемой вручную).

Вентиляция подскафандрового пространства является непременным условием поддержания в нем параметров газовой среды в определенных пределах. Вентиляционный газ из внутренней полости скафандра удаляет продукты жизнедеятельности человека (углекислый газ, вредные примеси, влагу) и частично тепло. Циркуляция газа по замкнутому контуру обеспечивается центробежным вентилятором, приводимым в действие бесколлекторным электродвигателем.

Система имеет два вентилятора: основной и резервный, включающийся автоматически при отказе основного. При выходе из строя обоих вентиляторов или отсутствии электропитания вентиляция обеспечивается при включении инжектора. Трубки вентиляции, крепящиеся на внутренней стороне оболочки скафандра, обеспечивают подачу газа в шлем скафандра и отбор его обратно в систему из рукавов и штанин. Величина вентиляции скафандра составляет 150–200 л/мин, что обеспечивает унос из скафандра влаги и углекислоты при самой тяжелой работе космонавта.

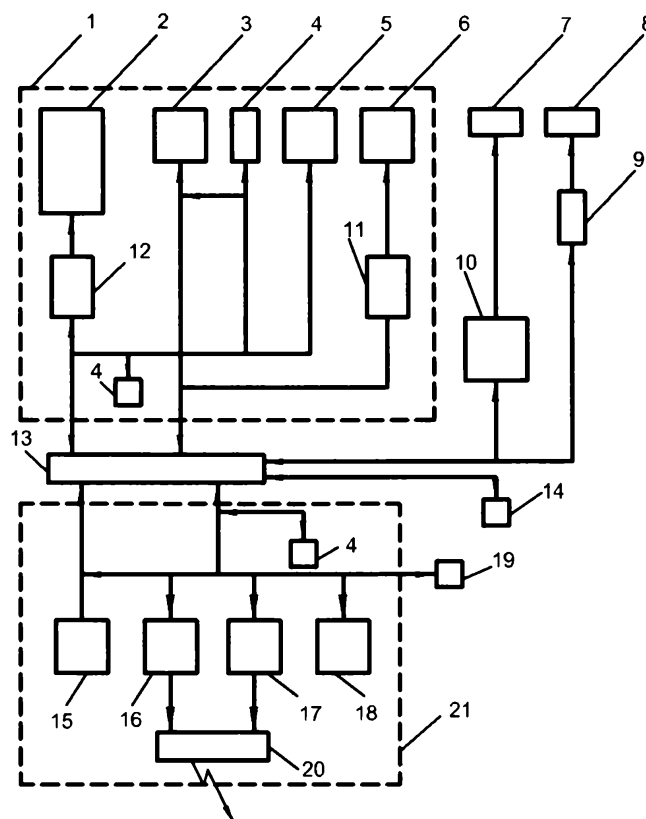


Рис. 8.2-3. Блок-схема электрооборудования скафандра ОРЛАН-М:

1 — герметичная часть ранца и скафандра; 2 — электроприводы агрегатов СОЖ; 3 — измерительный комплекс; 4 — комплект датчиков; 5 — шлемофон; 6 — пояс с биомедицинскими датчиками; 7 — светильники; 8 — световая сигнализация на шлеме; 9 — дисплей со световой сигнализацией; 10 — пульт управления электроагрегатами и радиосвязью; 11, 12, 18 — электронные блоки; 13 — распределительно-преобразовательное устройство; 14 — разъем для подстыковки бортового электрофала; 15 — аккумуляторная батарея; 16 — приемопередающая радиостанция; 17 — блок телеметрии; 19 — разъем для подстыковки сейфера; 20 — антенно-фидерное устройство; 21 — блок БРТА

Газовый состав в скафандре поддерживается в заданных пределах путем непрерывной подачи в него кислорода и за счет очистки газа. Очистка циркулирующего газа от CO_2 и вредных примесей осуществляется в патроне, в основном заполненным веществом на основе LiOH . Первоначально высокое содержание кислорода в скафандре (более 90%) создается путем его продувки чистым кислородом от бортовой системы перед проведением десатурации.

В системе терморегулирования используется высокоэффективный метод отвода выделяемого человеком тепла с помощью костюма водяного охлаждения (КВО). Регулирование интенсивности охлаждения осуществляется космонавтами вручную с помощью многопозиционного крана «тепло-холод»,

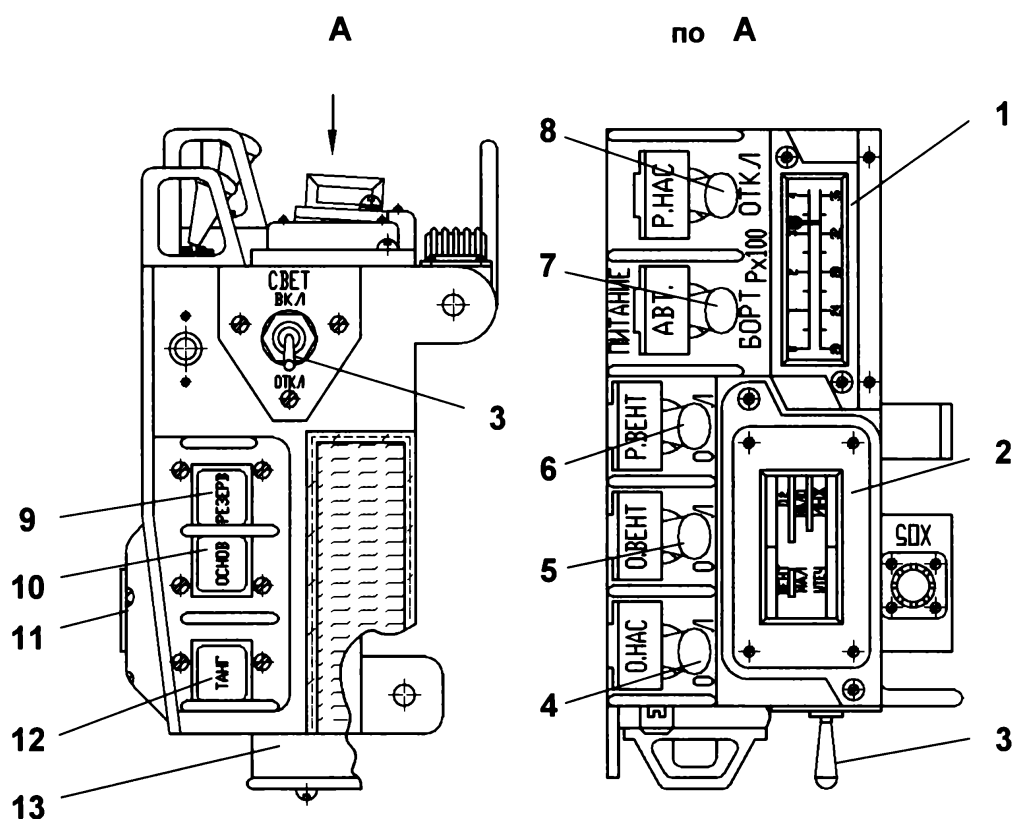


Рис. 8.2-4. Пульт управления электрооборудованием скафандра ОРЛАН-М:

- 1 — стрелочный прибор контроля напряжения/давления в баллоне с O_2 ;
- 2 — жидкокристаллический дисплей; 3 — тумблер включения светильников;
- 4, 5, 6, 8 — тумблера включения насосов основного и резервного вентилятора;
- 7 — тумблер включения электропитания; 9, 10 — клавиши включения основной и резервной радиостанции; 11 — кнопка отключения звуковой сигнализации;
- 12 — клавиша включения передатчика радиостанции при отказе «автомат-голос»;
- 13 — блок предохранителей

который позволяет направлять воду, циркулирующую в КВО, через теплообменник, либо минуя его. Выделяемая человеком влага переносится вентилирующим газом в сублимационный теплообменник, где конденсируется и через влагосборник — сепаратор отводится в сублимационную полость теплообменника для испарения в окружающий вакуум. Применение КВО в сочетании с эффективной работой сублимационного теплообменника обеспечивает сохранение теплового баланса космонавта при уровне физической активности до 600 Вт.

В состав электрооборудования скафандра (рис. 8.2-3) входят пульт управления и контроля (рис. 8.2-4), электроаппаратура для обеспечения работы вентиляторов и насосов (электродвигатели, электронные блоки), средства радиосвязи и телеметрии, контрольно-измерительная аппаратура, электрокабель связи с бортовыми системами ОС и т. д.

Экспериментальная отработка являлась одним из важнейших этапов создания и модификации скафандров типа ОРЛАН. Обычно она проводилась по принятой стандартной программе, включающей:

- технические испытания комплекта СК и его отдельных элементов, включая оценку работоспособности изделий после динамических воздействий, при изменении условий окружающей среды, ресурсные испытания;
- эргономическую оценку скафандра, в том числе при проведении работ в гидролаборатории;
- испытания СК с испытателями в барокамере с имитацией работы экипажа в процессе шлюзования и при автономной работе.

При отработке СК в дополнение к обычному объему испытаний при необходимости проводилась экспериментальная отработка подсистем и компонентов СОЖ, связанных с расширением функций скафандра и вновь вводимыми элементами. Экспериментальная отработка, с одной стороны, давала возможность найти оптимальные схемные и конструктивные решения и, с другой стороны, подтвердить соответствие изготовленных изделий заданным требованиям. При этом ставилась задача, чтобы при наземной отработке были созданы условия, при которых максимально имитировалась бы реальная работа изделий на орбитальной станции.

Подтверждение возможности длительной работы и многократного использования скафандра орбитального базирования осуществлялось путем многократного повторения в наземных условиях циклов его работы имитирующих осуществление ВКД: одевание и снятие СК, создание в нем давления, выполнение рабочих операций, имитации шлюзования и т. д.

Количество циклов работы и количество часов работы при всех видах испытаний в 3 раза превышало заданный требованиями ожидаемый реальный объем работы в СК при ВКД. При проведении тренировок космонавтов в СК также регистрировалась длительность работы скафандров на протяжении всего срока их использования. Это позволяло дополнительно оценить и подтвердить работоспособность изделий в процессе длительной эксплуатации.

В связи с тем, что каждая новая модификация скафандров проводилась на базе ранее разработанных изделий, подвергавшихся экспериментальной отработке и испытаниям в полном объеме, при оценке новых изделий частично использовались результаты ранее проведенных работ. При этом, при необходимости, привлекались расчетно-теоретические данные, учитывающие конструктивные отличия модифицированного изделия от его предыдущего аналога. Особенно часто это практиковалось при прочностных и тепловых расчетах.

Основная часть отработки проводилась на экспериментальной базе Звезды, в том числе наиболее ответственные испытания в барокамере с человеком. Для этих целей Звездой была создана специальная барокамера ТБК-50, обеспечивающая возможность проведения испытаний, а также тренировок космонавтов одновременно в двух скафандрах типа ОРЛАН (рис. 8.2-5). Меж-

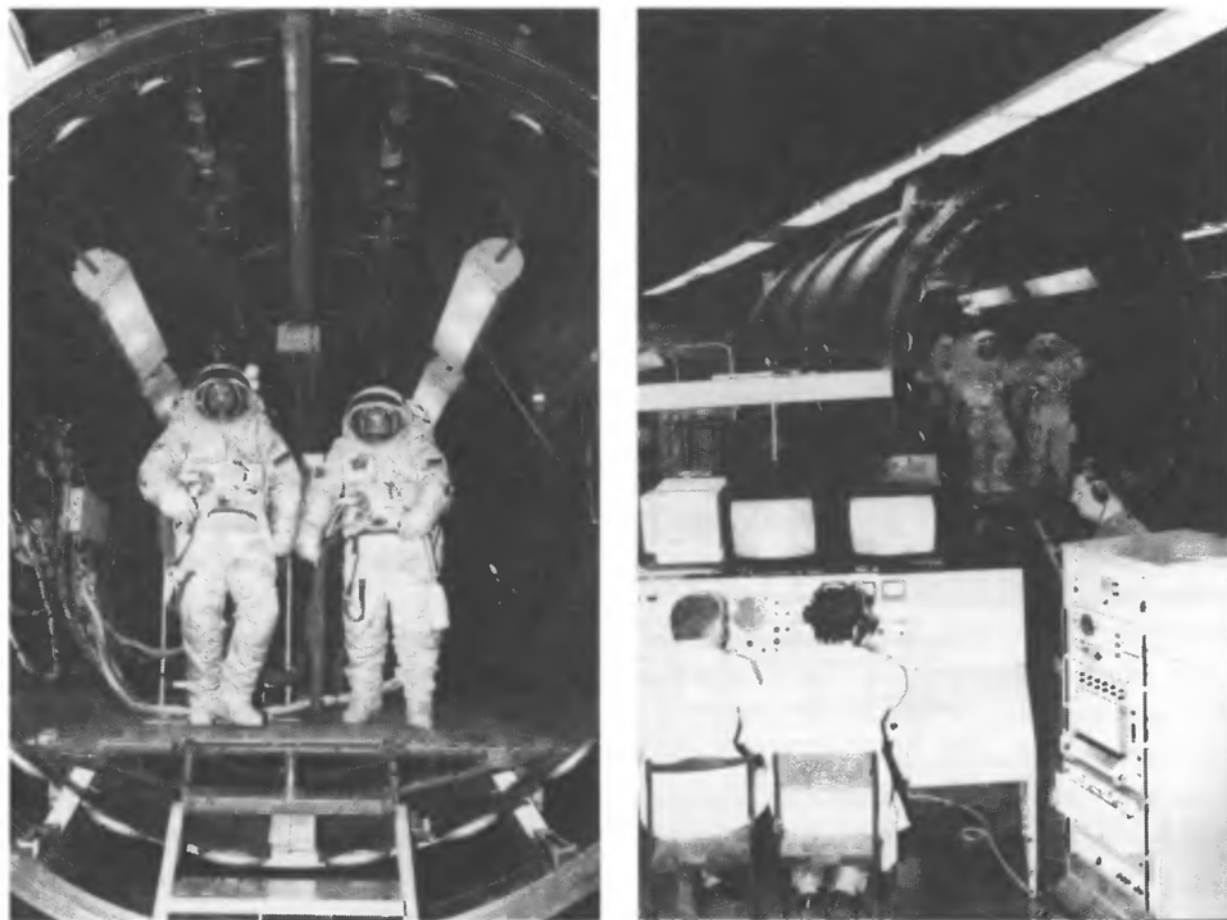


Рис. 8.2-5. Испытания скафандров типа ОРЛАН в термобарокамере ТБК-50 на Звезде

ведомственные испытания проводились в составе шлюзовых камер станций в термобарокамере ГК НИИ ВВС. Отработка СК в условиях гидросреды и на летающей лаборатории проводилась в ЦПК им. Гагарина.

8.3. Модификация скафандров в период их эксплуатации на орбитальных станциях *Салют*, *Мир* и *МКС*

К настоящему времени осуществлено 4 основных модификации скафандра типа ОРЛАН. Изменения конструкции СК были связаны как с изменением условий эксплуатации и расширением круга задач, выполняемых космонавтами в скафандрах, так и с результатами эксплуатации, устранением выявленных недостатков, предложениями космонавтов, появлением новых конструкторских идей, повышением надежности и ресурса.

Первая модификация скафандра ОРЛАН-Д (рис. 8.1-1) использовалась при полетах ОС *Салют-6* и *Салют-7*. Следующая модификация ОРЛАН-ДМ

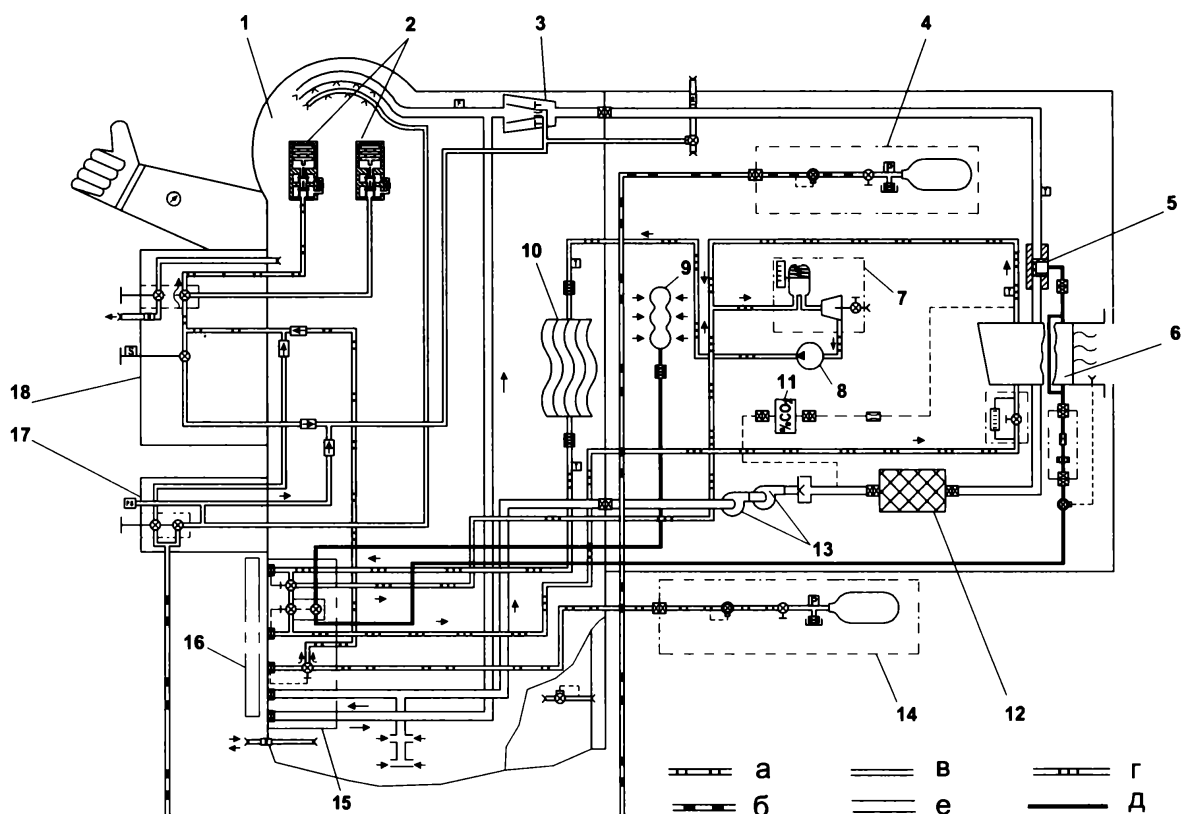


Рис. 8.3-1. Принципиальная схема автономной СОЖ скафандра ОРЛАН-Д (вариант *Салют-7*). Кислородная система основная (а) и резервная (б); трубопроводы: кислородные (в), охлаждающей воды (г) и питающей воды (д); е — контур вентиляции: 1 — внутренняя полость оболочки скафандра; 2 — регуляторы давления; 3 — инжектор; 4, 14 — блоки с резервным и основным запасом кислорода; 5 — влагосорбник-влагоотделитель; 6 — сублимационный теплообменник; 7 — гидроаккумулятор с сепаратором; 8 — водяной насос; 9 — бак с запасом воды для подачи в теплообменник; 10 — костюм водяного охлаждения; 11 — блок измерений; 12 — патрон поглощения углекислоты и вредных примесей; 13 — основной и резервный вентиляторы; 15 — объединенный разъем для подсоединения коммуникаций скафандра к бортовым системам при шлюзовании; 16 — выходная колодка объединенного разъема (на ней размещены ручки управления включением сублиматора и краном регулирования температурой охлаждающей воды); 17 — кран включения резервного запаса кислорода и аварийной подачи кислорода; 18 — дистанционное управление (переключением режима давления в скафандре и включением инжектора)

являлась промежуточным этапом перед использованием СК ОРЛАН-ДМА. На ОС *Мир* использовались скафандры ОРЛАН-ДМ (первые 2 года), скафандры ОРЛАН-ДМА и –М, на МКС используются скафандры ОРЛАН-М.

Модификация СК ОРЛАН-Д (на базе скафандра командира лунной экспедиции) была выполнена в основном в период с 1969 по 1974 год с учетом требований и особенностей эксплуатации скафандра на орбитальной станции: многообразие применения с длительным нахождением СК на ОС без возврата на Землю, смена экипажей с различными антропометрическими данными, необходимость проверки и подготовки скафандра к повторным ВКД на борту самими экипажами, увязка с бортовыми интерфейсами шлюза станции, увеличение времени ВКД и т. д.

При этом была кардинально изменена компоновка агрегатов в ранце СК и существенно изменена схема СОЖ скафандра. Прежде всего была обеспечена легкосъемность кислородных баллонов и поглотительного патрона, обеспечена возможность дозаправки системы охлаждения СОЖ водой. Испарительный теплообменник заменен на сублимационный. Проведена унификация основного и резервного (аварийного) кислородных баллонов: оба имеют емкость 1 литр и рабочее давление 42 МПа (скафандр ОРЛАН по программе Л-3 имел аварийный баллон емкостью 0,4 л). Основной баллон из внутренней полости ранца перенесен на его внешнюю поверхность (в нижнюю часть ранца) с целью облегчения замены. И наконец, изменена схема работы коммуникаций системы водяного охлаждения, что дало возможность обеспечить циркуляцию воды через костюм водяного охлаждения скафандра при шлюзовании без использования бортового насоса (как это было в СК ОРЛАН по программе Л-3).

При изготовлении скафандров ОРЛАН-Д для ОС *Салют-7* в их конструкцию введены дополнительные изменения (по сравнению с СК, применявшимся на ОС *Салют-6*). В частности, инжектор из ранца был перенесен на оболочку скафандра, введен сепаратор для удаления пузырей воздуха из охлаждающей воды (рис. 8.3-1), изменена конструкция бортового блока, работающего на скафандр).

С 1969 года по 1984 год всего было изготовлено 34 скафандра ОРЛАН-Д, в том числе 7 летных скафандров. В этих скафандрах с 1977 по 1984 год осуществлено 3 выхода в космос из ОС *Салют-6* и 10 выходов из ОС *Салют-7*.

Предусматривалось также применение СК ОРЛАН-Д на многоэтажном космическом корабле *Буран* (согласовано с ЦКБЭМ Протоколом от 16.10.80 г.). Планировалось проведение 3-х пятичасовых ВКД при 7-ми суточном полете корабля и до 6-8 ВКД при 30-ти суточном полете. Шлюзование могло проводиться либо в шлюзовой камере, либо в стыковочном модуле корабля.

Скафандр ОРЛАН-Д был связан с бортовыми системами станции многопроводным кабелем длиной 20 м, по которому осуществлялись электропитание систем скафандра, радиосвязь и передача телеметрической информации о работе скафандра и состоянии космонавта. Наличие связи скафандра с бортом станции с помощью кабеля было приемлемо при проведении космонавтами работ на ее поверхности вблизи от шлюзовой камеры. Поэтому после начала успешной эксплуатации скафандра на ОС *Салют-6* началась проработка новой модификации скафандра ОРЛАН-ДМ, в которой должен был



Рис. 8.3-2. Космонавты В.А. Джанибеков и В.П. Савиных готовят СК ОРЛАН-ДМ к выходу в космос из станции *Салют-7*

быть учтен уже полученный опыт работы с СК ОРЛАН-Д, а также обеспечена возможность превращения его в будущем в полностью автономный скафандр ОРЛАН-ДМА (в основном путем установки съемного блока с дополнительной аппаратурой). К 1983 году была разработана документация и заказано 16 изделий ОРЛАН-ДМ.

Для СК ОРЛАН-ДМ был разработан новый пульт управления электро-радиосистемами и соответственно изменена электросхема и кабельная сеть

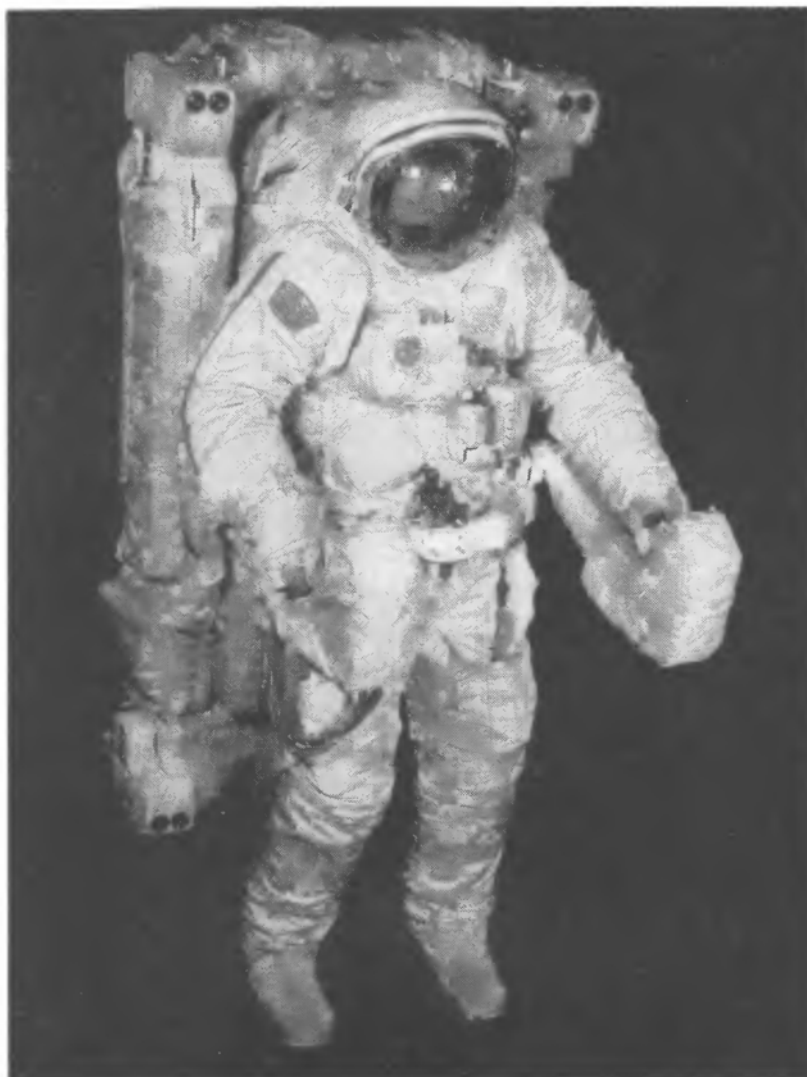


Рис. 8.3-3. Скафандр ОРЛАН-ДМА с установкой 21КС

скафандра. Проведен также ряд изменений конструкции с целью улучшения эксплуатационных характеристик и повышения надежности СК: проведена перекомпоновка агрегатов в ранце и доработка корпуса СК (в частности, изменено размещение инжектора на передней части корпуса оболочки), увеличена подвижность рукавов, введена защитная каска на шлем, разработан объединенный пульт управления пневмогидросистемами, дублированы основные клапаны объединенного разъема коммуникаций, модифицированы измерительный комплекс, водяной насос, водяной бак (упрощена его замена), для одной из гермооболочек СК применен армированный материал, введен аварийный кислородный шланг, уменьшена площадь охлаждения костюма водяного охлаждения. На шлеме СК установлены светильники.

Скафандры ОРЛАН-ДМ в середине 1985 г. были доставлены на ОС *Салют-7* (рис. 8.3-2), а затем на ОС *Мир* (в марте 1986 года). На ОС *Мир* в них

было выполнено по 5 выходов в космос (дата последнего выхода 30.06.1988 г.), после чего они были заменены доставленными на орбиту двумя кораблями *Прогресс* скафандрами ОРЛАН-ДМА.

Скафандр ОРЛАН-ДМА (рис. 8.3-3, 8.3-4 и 8.3-6) мог использоваться уже без применения электрического кабеля, связывающего его с бортовыми системами станции. Для этого он комплектовался специальным съемным блоком (рис. 8.3-5), содержащим источник электропитания, блоки радиотелеметрической системы и антенно-фидерное устройство. Собственно радиоданная была встроена в конструкцию модифицированной верхней одежды скафандра. Система радиосвязи обеспечивала двустороннюю связь с орбитальной станцией с последующей ретрансляцией на Землю. Связь по эфиру между космонавтами также обеспечивалась через системы ОС. Включение передатчиков производилось «автоматом голоса» или с помощью нажимной кнопки.

Работы по созданию полностью автономного скафандра проводились в рамках создания комплекса «Скафандр-УПМК» в соответствии с Постановлением от 25.09.85 г. и Решением комиссии от 31.10.85 г. (см. раздел 9). В связи с этим в скафандре ОРЛАН-ДМА были предусмотрены элементы сочетания СК с установкой перемещения и маневрирования космонавта (индекс 21КС), что позволило успешно осуществить ее летные испытания в 1990 г. В конструкцию СК ОРЛАН-ДМА был также внесен еще ряд принципиальных изменений. Прежде всего была снова доработана жесткая часть оболочки скафандра. В нижней ее части было предусмотрено крепление оболочек ног через специальный съемный фланец, что позволило производить замену мягких частей скафандра при их повреждении или износе. Одновременно был несколько увеличен внутренний объем корпуса и изменена конструкция переднего замка для фиксации скафандра (выполнена в виде «штыря»). Усовершенствованы гермоперчатки скафандра и предусмотрено применение гермоманжет, сохраняющих на некоторое время герметичность СК в случае повреждения перчаток. Установлен новый патрон поглощения CO_2 и вредных примесей ЛП-6 с увеличенной емкостью (при этом время автономной работы СК увеличено до 6 часов), модифицированы вентилятор (применен новый электродвигатель, шлемофон (улучшены характеристики электроакустической аппаратуры), введен дополнительный страховочный фал.

После создания скафандра ОРЛАН-ДМА в 1987 г. было принято решение применять его и на корабле *Буран* вместо СК ОРЛАН-Д.

Одновременно начались проработки по дальнейшей модификации скафандра применительно к планируемому созданию ОС *Мир-2*.

В это же время в Западной Европе началась разработка собственного скафандра для осуществления ВКД по программам *Гермес* и *Колумбус*. Учитывая близость требований к скафандру, разрабатываемому в Западной Европе для этих программ и требований к скафандрам, разрабатываемым в России, родилась идея объединения усилий фирм Европы и России в этой области. При разработке скафандра, которому был присвоен индекс сначала

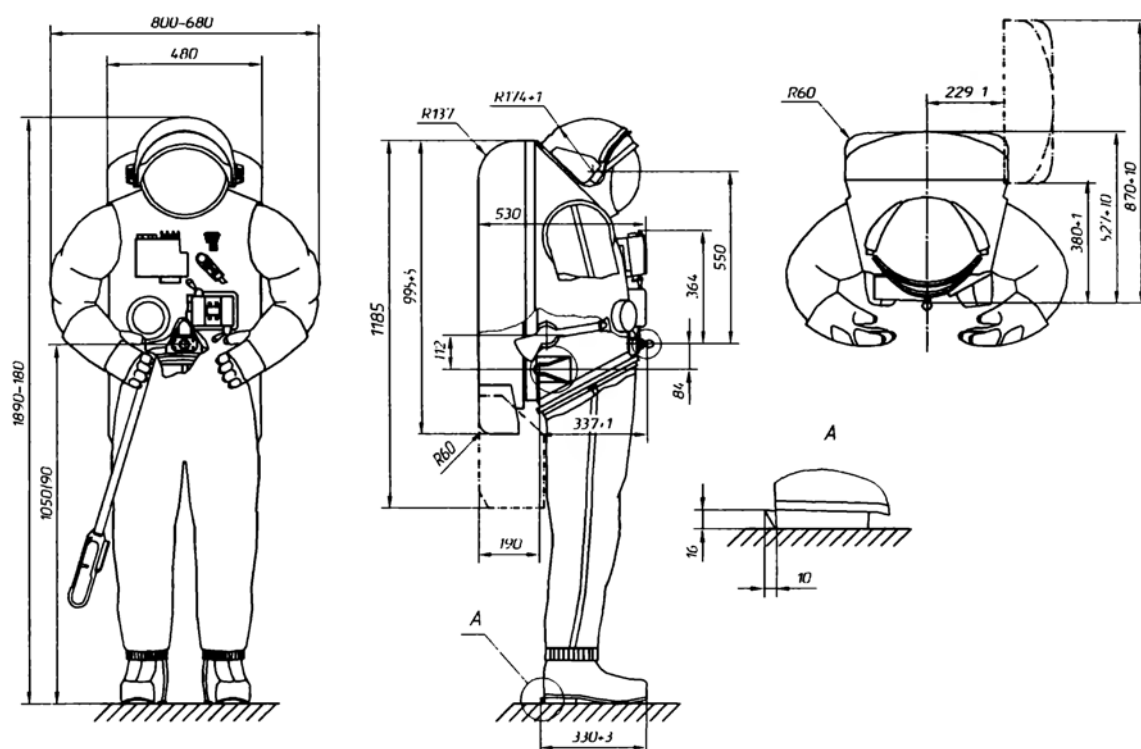


Рис. 8.3-4. Основные размеры скафандра ОРЛАН-ДМА

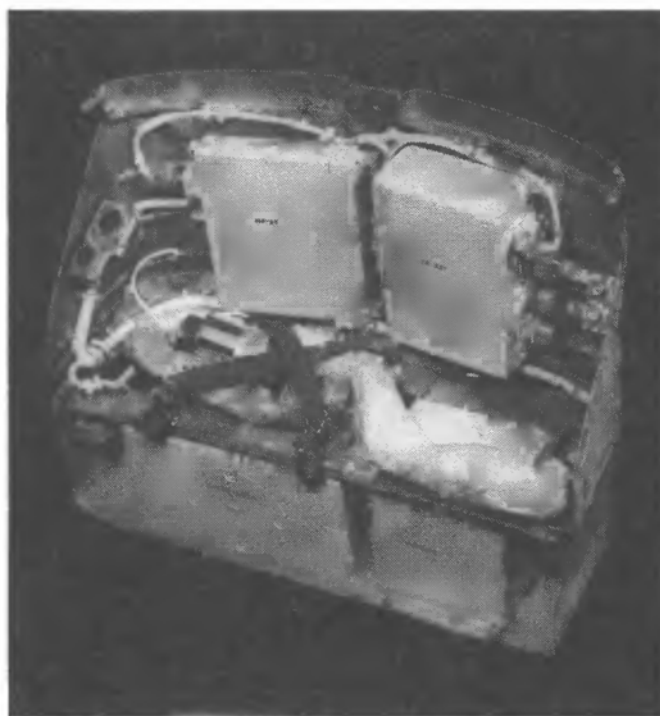


Рис. 8.3-5. Съёмный блок с радиотелеметрической аппаратурой БРТА

ЕКА-2000, а затем СК ВКД-2000, предполагалось использовать имеющийся опыт Звезды и новые технологии Западной Европы, что позволило бы снизить общую стоимость изделий и разделить финансовые затраты. Российские специалисты нашли много общего в концепции европейского скафандра для *Гермеса* и концепции скафандра типа ОРЛАН, в результате чего разработка СК ВКД-2000 базировалась во многом на этих же концепциях. Более подробно работа по совместному созданию СК ВКД-2000 изложена в главе 11.

После подписания в 1993 году с США «Заявления о сотрудничестве в космосе» (Черномырдин — Гор) об участии России в строительстве *МКС* и прекращения работ по *Гермесу*, *Бурану* и *Миру-2*, назначение скафандра СК ВКД-2000 было перенацелено на его использование на российском сегменте *МКС*. Однако в конце 1994 года, когда началась интенсивная работа по Международной космической станции, из-за ограничений по финансированию по инициативе ЕКА совместные работы по СК ВКД-2000 были прекращены. В связи с этим Звезда возобновила работы по начатой ранее модификации скафандра типа ОРЛАН уже применительно к *МКС*. При этом ряд решений, проработанных Звездой при проектировании СК ВКД-2000, был реализован в конструкции модифицированного скафандра.

В связи с началом работ по программе *Мир-Шаттл* и в последующем по *МКС*, и использованием при ВКД российских скафандров международными экипажами, Звезда в 1995 году приняла решение при изготовлении очередной партии скафандров ОРЛАН-ДМА для станции *Мир* осуществить существенную их модификацию с присвоением индекса «М». При этой модификации скафандра преследовалась цель улучшить основные эксплуатационные характеристики скафандра (в первую очередь подвижность и удобство размещения в СК космонавтов и астронавтов с увеличенными антропометрическими данными), увеличить время автономной работы, а также реализовать мероприятия по дальнейшему повышению надежности скафандра и безопасности космонавта.

С учетом новых требований и накопленного опыта в конструкции СК ОРЛАН-М к началу эксплуатации на *Мире*, а затем на *МКС* были проведены следующие основные изменения (рис. 8.3-7, 8.3-8, 8.3-9, 8.3-10): увеличены размеры корпуса СК и диапазон регулирования оболочки по росту; введены дополнительный иллюминатор для увеличения обзора вверх, защитное стекло шлема для уменьшения вероятности запотевания иллюминатора, локтевой и голеностопный гермоподшипники, гермоперчатка с повышенной подвижностью и прочностью, кистевой герморазъем с повышенной надежностью, костюм водяного охлаждения с улучшенными характеристиками; усовершенствованный карабин страховочных фалов, страховочный фал переменной длины, увеличивающий рабочую зону космонавта, резервный насос, модифицированный вентилятор, модифицированная радиостанция, увеличен объем патрона для поглощения CO_2 и др.

Следует отметить, что часть ранее введенных изменений в конструкцию предыдущих модификаций СК оказались неэффективными и поэтому

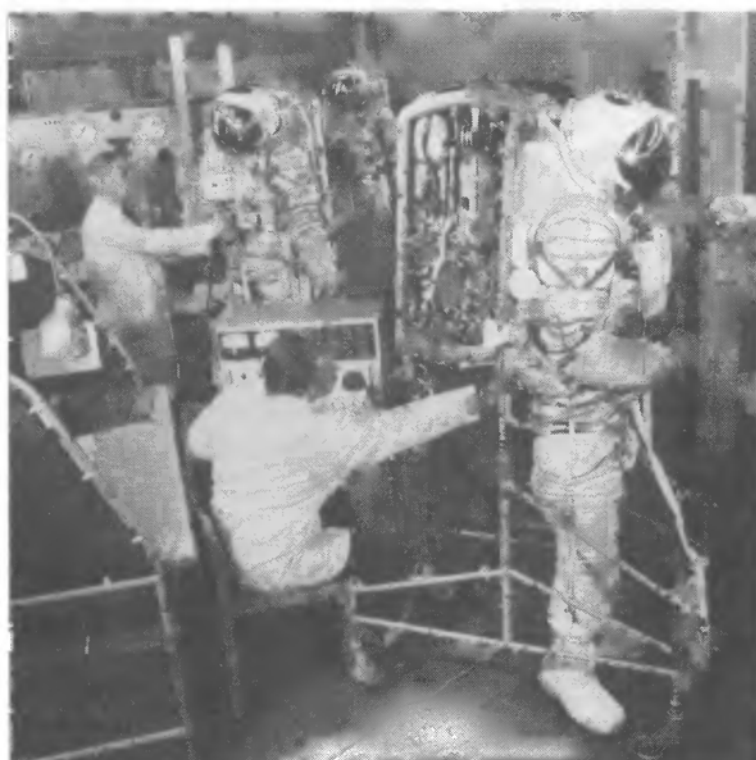
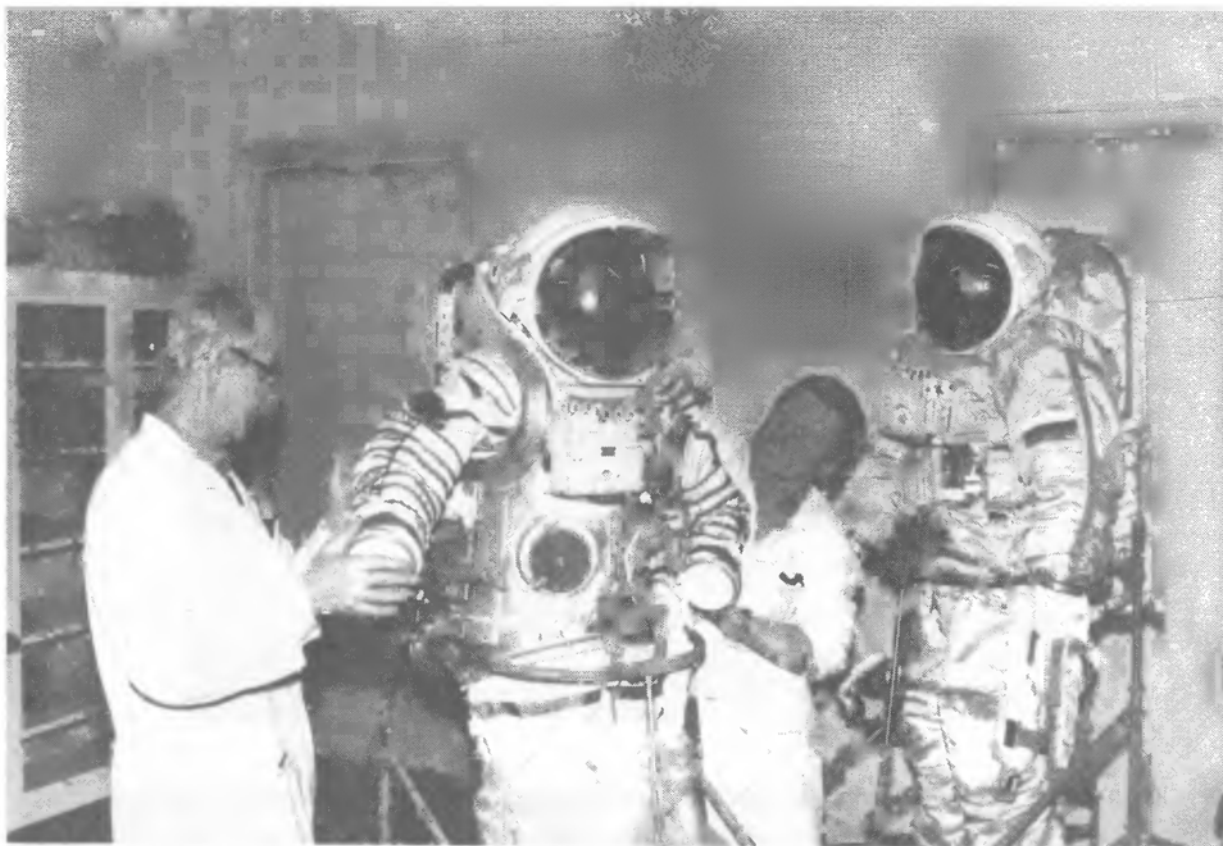


Рис. 8.3-6. Сборка и проверка скафандров на Звезде (ОРЛАН-ДМА — верхний снимок, ОРЛАН-М — нижний снимок)

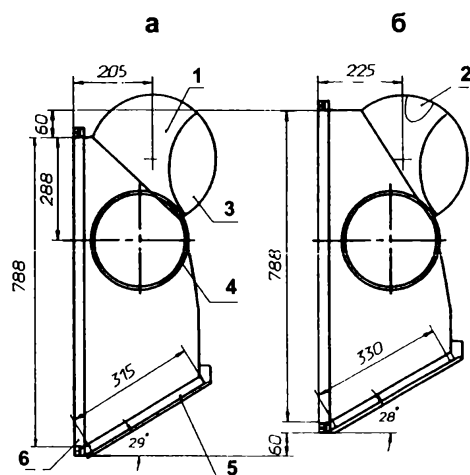


Рис. 8.3-7. Сравнение жесткого корпуса СК ОРЛАН-ДМА (а) и СК ОРЛАН-М (б):
1 — шлем; 2 — дополнительный иллюминатор; 3 — иллюминатор; 4 — плечевое отверстие; 5 — поясной фланец; 6 — рамка жесткого корпуса

они были исключены (в частности ликвидировано применение гермоманжет с соответствующим повышением надежности самих перчаток и их разъемов, для расширения корпуса СК инжектор вновь был перенесен в ранец с одновременным переносом из зоны «тали» в район шлема стыка патрубков вентиляции ранец — корпус, исключен пониженный режим давления в СК с изменением режимов работы аварийных систем).

Доработка корпуса с перемещением люка для входа в него вверх и увеличением задней части шлема, а также увеличение длины оболочек ног позволили значительно облегчить вход-выход из СК и размещение в нем (рис. 8.3-11) и увеличить допустимые антропометрические размеры экипажа по размеру груди — до 112 см (вместо 108 см в ОРЛАН-ДМА) и по росту до 190 (вместо 185 см). Предусмотрены применение гигиенических плавок типа «памперсов» и возможность установки в СК питьевого бачка, в том числе из состава американского скафандра EMU. Эти нововведения безусловно способствуют повышению продуктивности выполнения рабочих операций в СК.

Основные технические характеристики СК ОРЛАН-М приведены в приложении 2.

После проведения необходимого объема испытаний на ОС *Мир* в 1997 году были доставлены СК ОРЛАН-М №№ 4, 5 и 6 (рис. 8.3-12), в которых было выполнено в общей сложности 36 чел/выходов (рис. 8.3-13).

На МКС два скафандра ОРЛАН-М №№ 12 и 23 были доставлены в составе служебного модуля в июле 2000 г. и один скафандр № 14 в составе стыковочного отсека СО-1 в сентябре 2001 г. В связи с истечением их срока службы на кораблях *Прогресс* на МКС были доставлены три новых скафандра: №№ 25 и 26 — 28.01.2004 г. и № 27 — 25.05.2004 г.

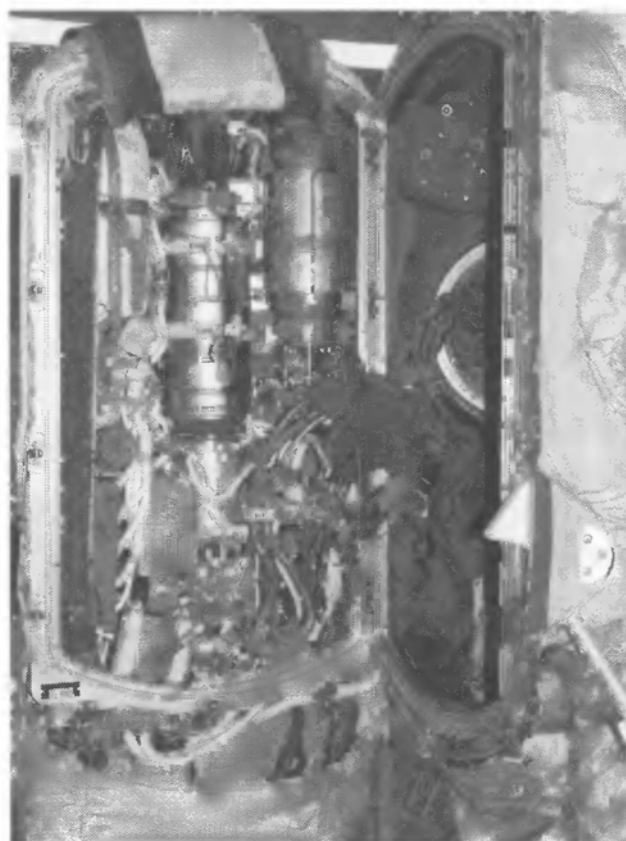
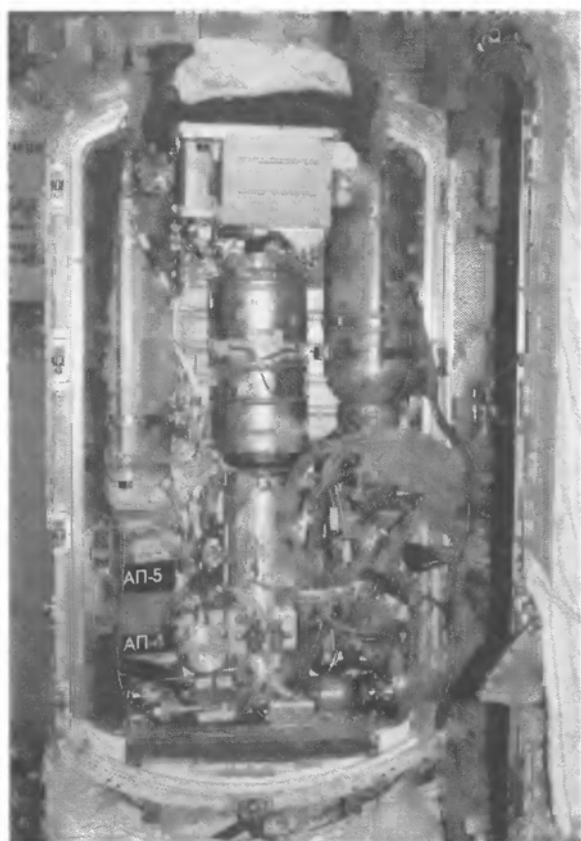


Рис. 8.3-8. Отличие внешней конфигурации и ранцев между ОРЛАН-ДМА (слева) и ОРЛАН-М (справа)

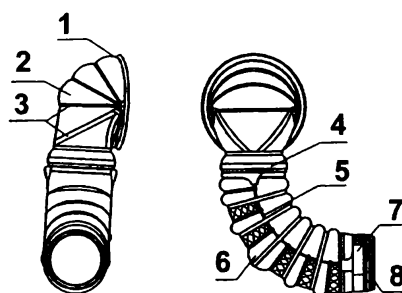


Рис. 8.3-9. Рукав СК ОРЛАН-М (без теплозащитной одежды): 1 — плечевой подшипник; 2 — мягкий плечевой шарнир; 3 — силовые элементы плечевого шарнира; 4 — локтевой подшипник; 5 — продольный силовой трос локтевого шарнира; 6 — мягкий локтевой шарнир; 7 — устройство регулировки длины рукава; 8 — кистевой подшипник

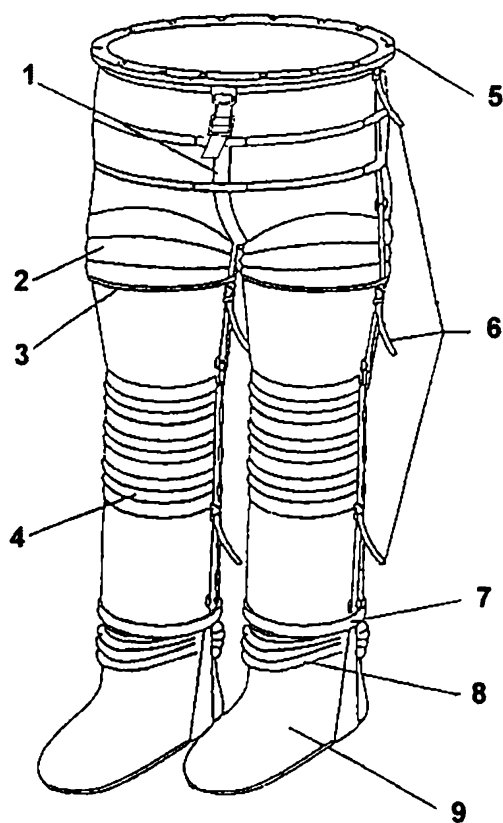


Рис. 8.3-10. Нижняя часть (штанины) скафандра (без теплозащитной одежды): 1 — центральная регулировочная лямка; 2 — бедренный шарнир; 3 — металлическое кольцо; 4 — коленный шарнир; 5 — поясной интерфейс; 6 — лямки регулировки длины; 7 — голеностопный подшипник; 8 — голеностопный шарнир; 9 — мягкие ботинки

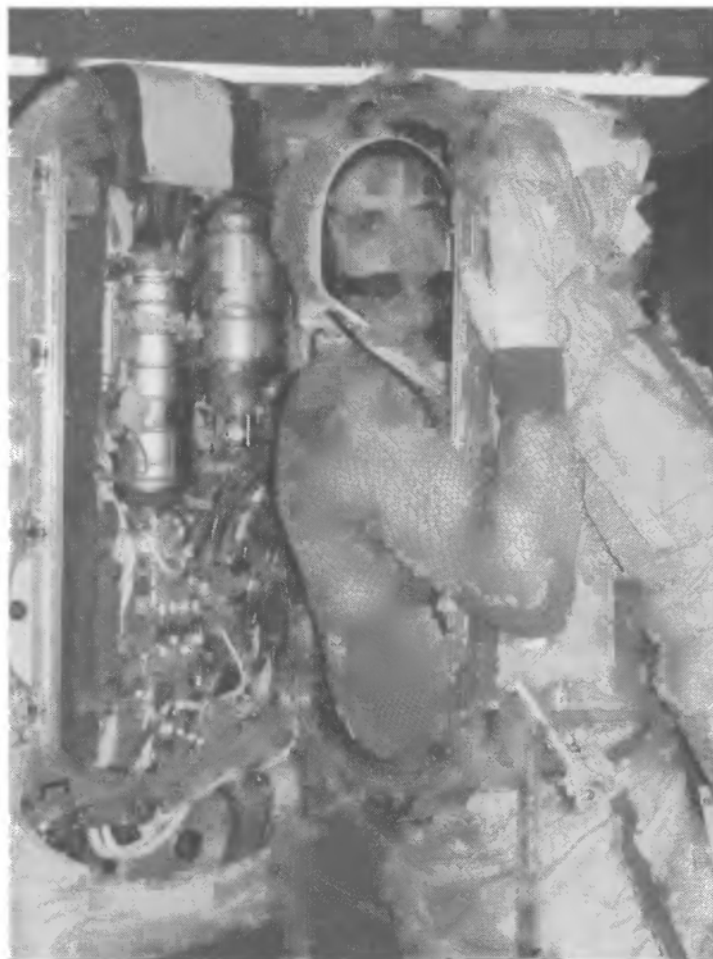


Рис. 8.3-11. Вход испытателя Звезды Ивянского А. М. в скафандр ОРЛАН-М

На 15.09.2004 г. в них выполнено 28 чел/выходов 15 российскими и американскими членами экипажей.

Хотелось бы сказать несколько слов о сотрудничестве с НАСА. После заключения в 1992 году между Россией и США «Соглашения о сотрудничестве в области исследований космического пространства в мирных целях» (Б. Ельцин и Дж. Буш) специалисты НАСА и фирмы Гамильтон Стандарт (сейчас Гамильтон Сандстренд) — разработчика американского скафандра ЕМУ для *Шаттла* и *МКС* — также проявили интерес к опыту Звезды по созданию и эксплуатации скафандра типа ОРЛАН орбитального базирования. В России к этому времени уже был 15-ти летний опыт использования этих СК на орбитальных станциях *Салют* и *Мир*. На протяжении последующих лет было заключено несколько контрактов (в том числе в рамках основного контракта между РКА и НАСА по программам *Мир-Шаттл* и *МКС*) по проведению сравнительных анализов российского и американского скафандра, по возможности их унификации, по обеспечению возможности осуществления ВКД в российском скафандре из американского шлюза, по разработке средства

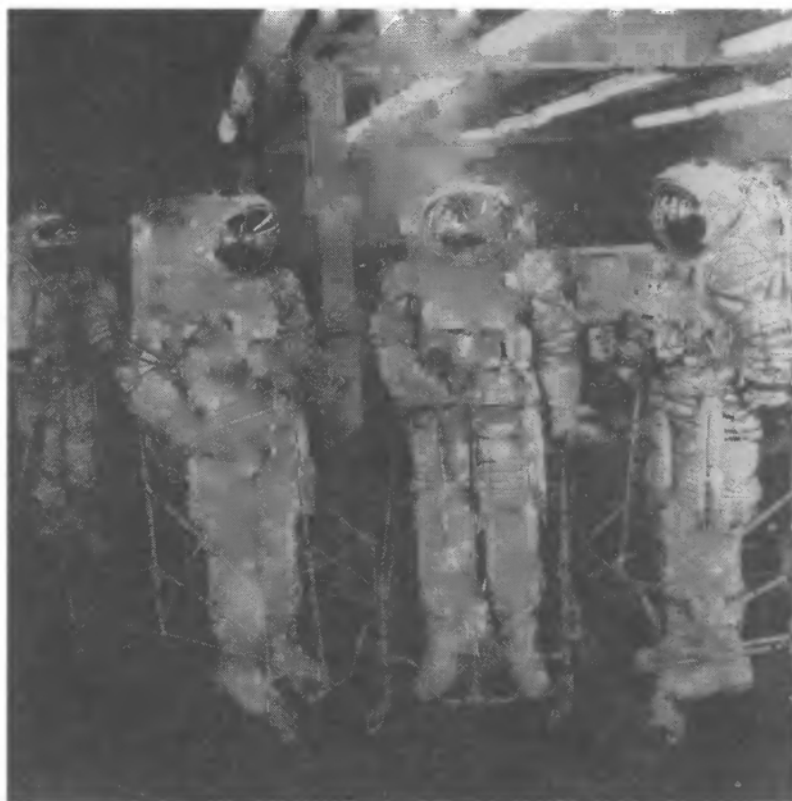


Рис. 8.3-12. Изготовление первых трех летных скафандров ОРЛАН-М для ОС *Мир*

самоспасения членов экипажа *МКС* во время ВКД (СЕЙФЕРА), по обучению американских специалистов, связанных с эксплуатацией скафандра ОРЛАН на *МКС* и тренировками астронавтов в них и т.д. Для тренировок членов экипажей *МКС* в гидролаборатории НАСА Звездой были поставлены два специальных скафандра, а также необходимая техдокументация. Для проведения сравнительного анализа американской стороне был также передан эргономический макет скафандра ОРЛАН.

Весьма существенный объем работ был проведен для интеграции скафандра ОРЛАН в общий шлюз *МКС*. Специалистам Звезды удалось создать новую малогабаритную бортовую систему для скафандра, которая обеспечила сочетаемость СК ОРЛАН как с системами шлюзовых камер российского сегмента, так и с общим шлюзом станции. Соответственно был модифицирован и собственно скафандр. Созданная система успешно выдержала испытания как на Звезде так и в НАСА с интерфейсами общего шлюза (в барокамере, рис. 8.3-14, и в составе летного образца шлюза). Был совместно проведен также ряд работ по адаптации скафандра ОРЛАН к американским требованиям, по оценке возможности использования элементов скафандра ЕМУ в составе ОРЛАН-М и т.д. В течение всего этого времени специалисты Звезды поддерживали постоянный рабочий контакт со специалистами НАСА (в основном из проектного офиса по ВКД и фирмы Гамильтон Сандстренд).



Рис. 8.3-13. Скафандр ОРЛАН-М во время выхода в открытый космос из ОС *Мир*

Специалисты Звезды постоянно участвуют в обеспечении текущей эксплуатации изделий на *МКС*, на которой в российских скафандрах регулярно осуществляются выходы в открытый космос как российских космонавтов, так и американских астронавтов. Подготовка к этим выходам осуществляется в ЦПК и частично непосредственно на Звезде (примерки членов экипажей (рис. 8.3-15) и тренировки в барокамере).

Несколько слов по модификации бортовых систем скафандра. В комплекте со СК ОРЛАН-Д на ОС *Салют-6* использовалась бортовая система стыковки БСС-1, с помощью которой скафандры при подготовке к выходу и при шлюзовании соединялись с кислородными баллонами, размещаемыми на борту станции и бортовым теплообменником, где охлаждалась циркулирующая в КВО вода. На бортовом блоке БСС-1 размещался кран регулирования температуры воды, поступающей в КВО.



Рис. 8.3-14. Испытатель Звезды Г. Глазов в скафандре ОРЛАН-М и испытатель НАСА Д. Мармалео в скафандре EMU в общем шлюзе МКС в барокамере НАСА

На ОС *Салют-7* и *Мир* использовались модифицированные бортовые системы стыковки БСС-2 (и затем БСС-2М (рис. 8.3-16), которые содержали в своем составе вентиляторы, влагосборники и патроны для поглощения CO_2 , что дало возможность при работе от бортовой системы станции не расходовать запасы СОЖ скафандра и тем самым увеличить время его автономной работы. В состав бортовых систем этих ОС входили также жгут шлангов, электрофал и баллоны с кислородом. Электропитание СК во время шлюзования и охлаждение циркулирующей воды обеспечивались системами станции.

Как уже говорилось, при переходе к работе на МКС была поставлена задача обеспечить работу скафандра ОРЛАН не только в шлюзе российского сегмента, но и в общем шлюзе станции, рассчитанном на работу с американским скафандром EMU.

С целью упрощения сочетаемости скафандра ОРЛАН-М с системами общего шлюза МКС была разработана новая упрощенная бортовая система,



Рис. 8.3-15. Астронавт НАСА Сьюзен Хелмс во время примерки скафандра ОРЛАН-М на Звезде

имеющая в своем составе лишь блок управления скафандром (БУС) и жгут шлангов с электрокабелями. Эта система предназначена для проверки двух скафандров ОРЛАН-М и обеспечения их работы в процессе прямого и обратного шлюзования при осуществлении ВКД как из шлюза РС, так и из общего шлюза. Система обеспечивает:

- подачу кислорода в СК от бортовых запасов газа;
- создание в СК избыточного давления для проверки их герметичности;
- продувку СК кислородом для смены в них газового состава;
- сброс избыточного давления из скафандров в процессе шлюзования;
- соединение СК с бортовыми системами с помощью гибких трубопроводов и электрокабелей, в том числе связь циркулирующей в СК воды с бортовым теплообменником и связь систем СК с бортовым источником электропитания, а также с системами радиосвязи и телеметрии.

На рис. 8.3-17 представлены пневмогидросхемы БСС-2М и бортовой системы, размещаемой в российском сегменте МКС (индекс БСС-4). По аналогичной схеме бортовая система используется и в общем шлюзе. Разница

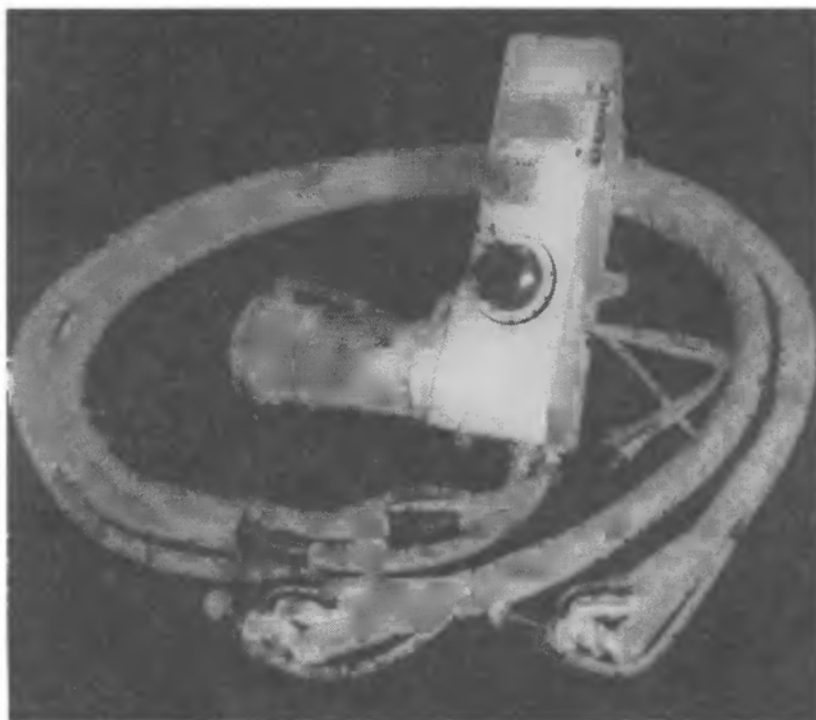


Рис. 8.3-16. Общий вид блока БСС-2М

заключается лишь в том, что в общем шлюзе блок БУС является составной частью панели интерфейсов шлюза, а водяные трубопроводы и электрокабели жгута шлангов заканчиваются унифицированным объединенным разъемом, аналогичным разъему жгута шлангов американского скафандра ЕМУ, подсоединяемым к той же панели интерфейсов.

Блок БУС конструктивно представляет собой устройство, состоящее из управляемого кулачкового механизма и набора клапанов, которые последовательно открываются или закрываются по заданной программе в зависимости от положения ручки управления. Лицевая панель блока с наименованием положений ручки управления показана на рис. 8.3-18. Установка ручки в то или иное положение в зависимости от выбираемого режима работы осуществляется членами экипажа вручную. Наличие подачи кислорода и режимы наддува и продувки контролируются по срабатыванию пневмоиндикаторов (блинкеров).

В связи с исключением из состава упрощенной бортовой системы погложительного патрона и влагосборника потребовалось модифицировать и СОЖ скафандра, увеличив емкость поглотителя CO_2 и влагоотделителя, установленных в СК. Это вызвано тем, что указанные компоненты в модифицированном СК работают в течение всего времени пребывания члена экипажа в скафандре, в том числе и при шлюзовании (в сумме до 9 часов).

Отсутствие вентилятора в бортовой системе потребовало обеспечить сушку скафандра после ВКД с помощью вентиляторов СОЖ скафандра. Это,

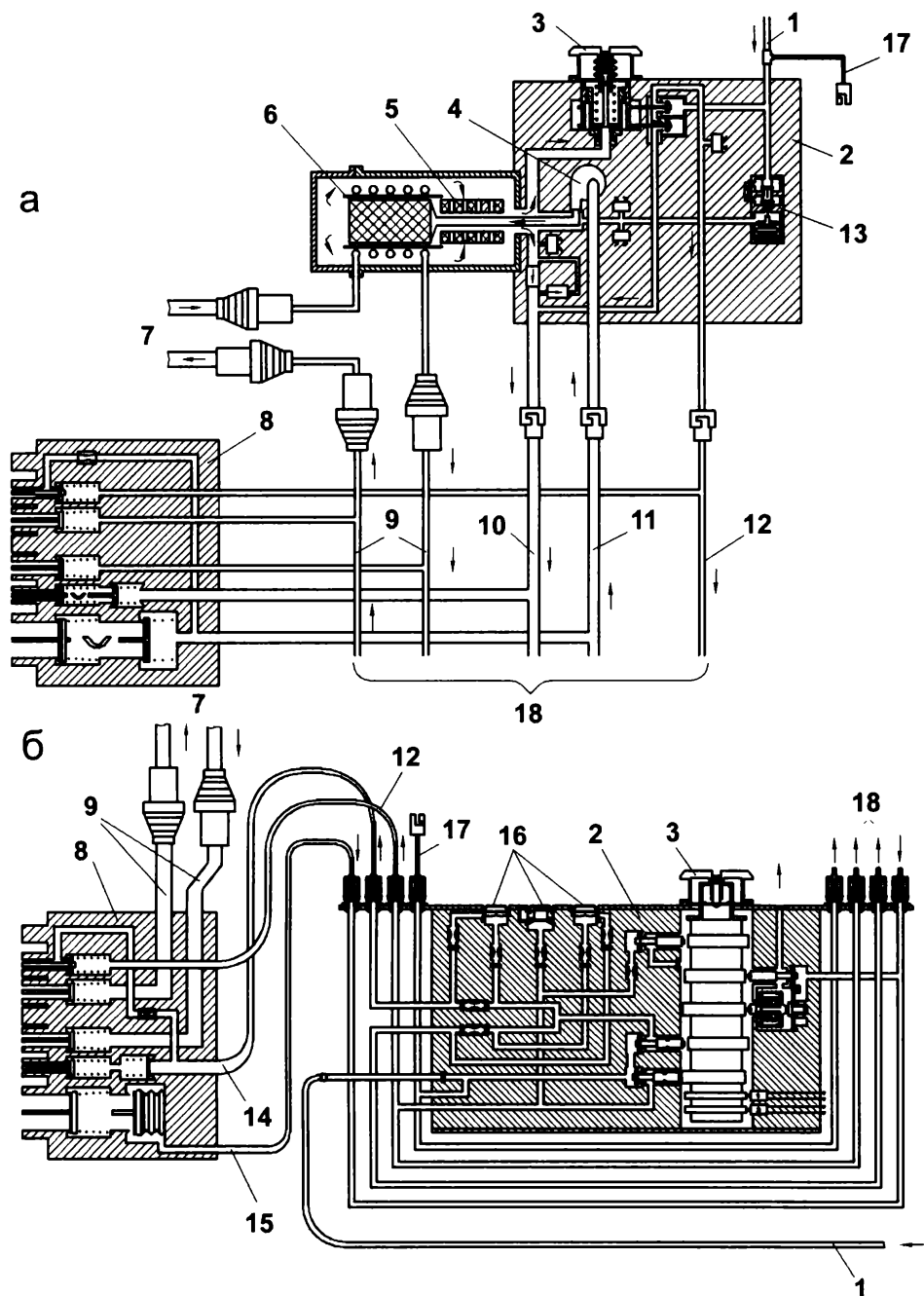


Рис. 8.3-17. Принципиальные схемы блоков БСС-2М ОС *Мир* (а) и БСС-4 МКС (б): 1 — кислород из бортовых баллонов; 2 — бортовой блок управления скафандром; 3 — ручка управления режимами работы скафандра; 4 — вентилятор; 5 — влагосорбник; 6 — патрон поглощения CO₂; 7 — к бортовому теплообменнику; 8 — объединенный разъем коммуникаций; 9 — трубопроводы водяного охлаждения; 10 — к вентиляционной линии скафандра; 11 — из вентиляционной линии скафандра; 12 — линия подачи кислорода в СК; 13 — регулятор давления в скафандре; 14 — линия подачи кислорода для продувки; 15 — линия сброса кислорода при продувке; 16 — элементы сигнализации режимов работы скафандра; 17 — аварийный шланг; 18 — ко второму скафандру

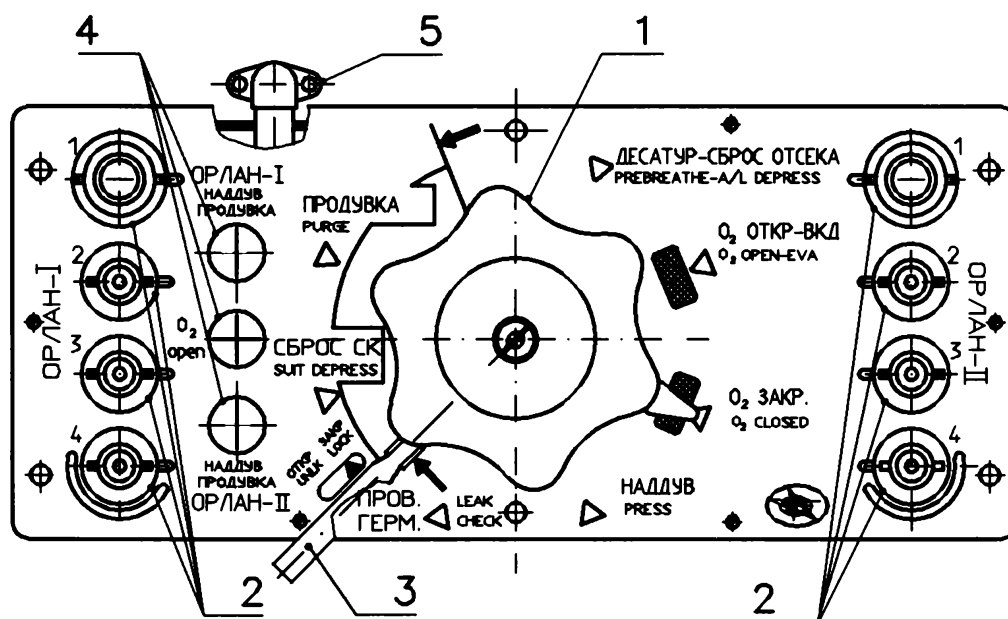


Рис. 8.3-18. Лицевая панель блока БУС БСС-4: 1 — ручка управления;
2 — штуцеры для подсоединения трубопроводов жгутов шлангов;
3 — фиксирующее устройство; 4 — пневмоиндикаторы (блинкеры);
5 — штуцер подачи кислорода от бортового запаса

в свою очередь, привело к изменению схемы системы вентиляции СК, к установке в нем специального крана (см. рис. 8.2-2) и к разработке дополнительного комплекта приспособлений.

Для обеспечения требования по осуществлению ВКД из общего шлюза станции с использованием минимального объема дополнительного оборудования было предложено использовать изделия, штатно размещаемые в российском сегменте, перенося их на время выхода в общий шлюз. В общем шлюзе иметь лишь вышеуказанную бортовую систему, которая максимально унифицирована с оборудованием российского сегмента и совместима как с СК EMU, так и с СК ОРЛАН-М.

8.4. Скафандры для тренировок экипажей

Кроме вышеописанных 4-х модификаций орбитального скафандра для проведения испытаний и тренировок космонавтов было разработано несколько видов специальных скафандров: ОРЛАН-В, ОРЛАН-ГН и ОРЛАН-Т. Индексы в названии обозначают: В — вентиляционный, ГН — для гидроневесомости, Т — тренажерный.

Скафандры типа ОРЛАН-В (для каждой из модификаций) были предназначены для работ на самолете — летающей лаборатории, где создавалась невесомость в течение нескольких десятков секунд. Эти скафандры имели



Рис. 8.4-1. Подготовка к тренировке в скафандре ОРЛАН-Д-ГН в гидролаборатории ЦПК. Слева направо: Г. Северин, И. Абрамов, Л. Кизим (в КВО), Б. Михайлов

оболочку, идентичную штатному скафандру. Агрегаты СОЖ в ранце отсутствовали. Вентиляция и создание избыточного давления в СК осуществлялись путем подачи в него воздуха по шлангу от бортовых источников (с расходом до 250 л/мин). Выход газа из СК производился через регулятор давления, размещаемый на объединенном разъеме коммуникаций. Для обеспечения наддува СК при отсоединении шланга в ранец могли устанавливаться баллоны с запасом сжатого воздуха. Скафандры ОРЛАН-В используются также при проведении различных примерочных работ в наземных условиях.

Скафандры типа ОРЛАН-ГН (рис. 8.4-1, 8.4-2 и 8.4-3) были предназначены для работы в гидролаборатории ЦПК. Оболочка этих СК также соответствовала штатным изделиям (лишь на корпусе СК отсутствовала верхняя



Рис. 8.4-2. Общий вид скафандра ОРЛАН-ДМА-ГН (перед одеванием для тренировки в ЦПК)

одежда). Штатная система СОЖ отсутствовала. Жизнеобеспечение человека в СК обеспечивалось за счет подачи воздуха и охлажденной воды от бортовых источников. При этом поступающая в систему СК вода охлаждала циркулирующий в нем воздух в специальном водо-воздушном теплообменнике, размещенном в ранце скафандра. Там же размещался баллон с аварийным запасом воздуха, рассчитанный на 15 минут работы и включаемый вручную в случае случайной отстыковки бортового шланга. Выход воздуха осуществлялся через регулятор давления, размещаемый на передней части корпуса. Регулятор позволял создавать в СК любое избыточное давление от 0 до 400 гПа. К скафандру подсоединялся электрофал, по которому в СК от наземных источников подавалось электропитание и снимались данные с измерительной аппаратуры и биомедицинских датчиков. Основной особенностью этого СК являлось размещение на нем легкоъемных грузов (на груди, спине, оболочках рук и ног), с помощью которых регулировалось нейтральное положение

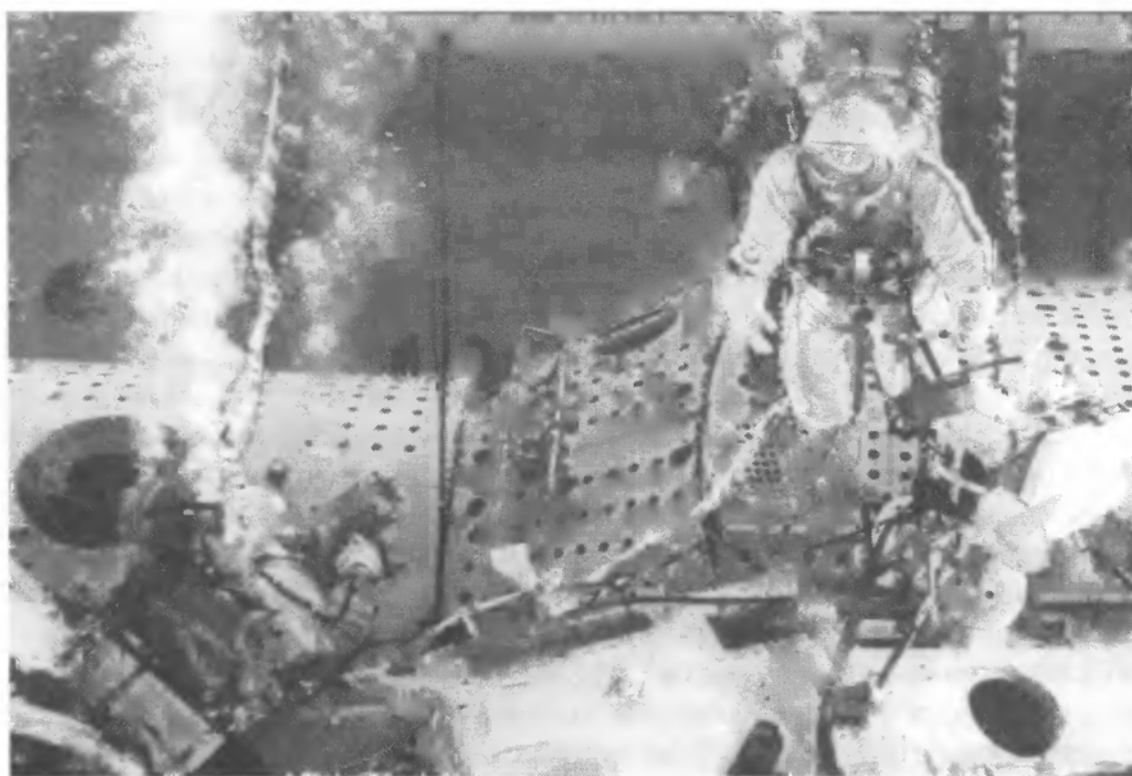
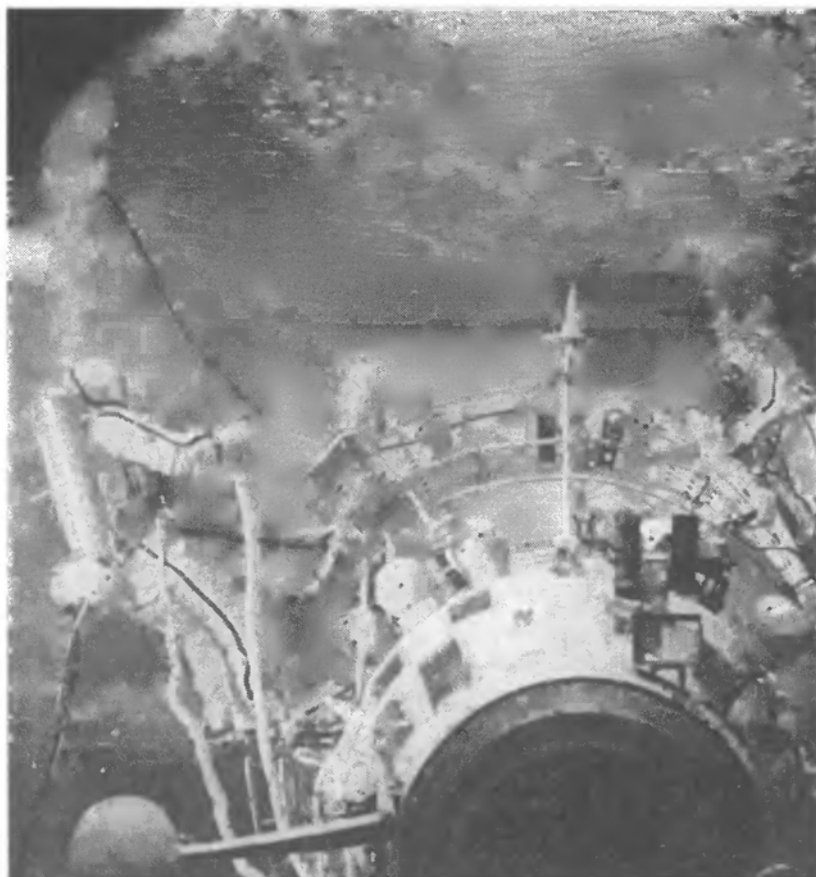


Рис. 8.4-3. Тренировка экипажей в гидролаборатории ЦПК

в воде скафандра (с находящимися внутри него человеком), изменение конструкции ряда узлов применительно к эксплуатации в водной среде (кран регулирования теплосъема, такелажная система, отсутствие штатных пультов управления на передней части корпуса СК и др.).

К началу совместных с НАСА работ по *МКС* для проведения тренировок астронавтов *Звезда* изготовила и передала в гидролабораторию НАСА 2 скафандра ОРЛАН-М-ГН (рис. 8.4-4), специально доработав их под интерфейсы наземного оборудования НАСА.

Скафандры ОРЛАН-Т предназначены для обеспечения тренировок космонавтов на стенде *Выход* в ЦПК (рис. 8.4-5). Они обеспечивают возможность тренировать работу космонавтов в процессе шлюзования при его имитации в наземных условиях без снижения давления окружающей среды. Разработка СК ОРЛАН-Т была предусмотрена тем же Постановлением от 29.09.85 г. и соответствующими Решениями, по которым разрабатывался комплекс автономного скафандра с установкой 21КС. СК ОРЛАН-Т представляет собой штатный скафандр, доработанный в части систем вентиляции и подачи кислорода, датчиковой аппаратуры и системы управления электроагрегатами. Эти доработки позволяют осуществлять наддув скафандра от внешних источников воздуха и имитировать в наземных условиях различные нештатные ситуации (отказы агрегатов, утечку из СК, срабатывание аварийной сигнализации и т. д.).

8.5. Некоторые результаты эксплуатации скафандров типа ОРЛАН

Перечень выходов, осуществленных в скафандрах типа ОРЛАН на орбитальных станциях *Салют-6*, *Салют-7*, *Мир* и *МКС* приводится в приложении. В процессе всех проведенных ВКД скафандры и их системы функционировали в основном нормально, что позволило успешно выполнить практически все запланированные и внеплановые программы работ в открытом космосе или в разгерметизированных отсеках станций. В процессе проведения ВКД не было ни одного случая появления декомпрессионных расстройств у космонавтов.

Накопленный опыт подтвердил, что полужесткий тип скафандра наиболее приспособлен для внекорабельной деятельности, связанной с обеспечением эксплуатации долговременной орбитальной станции. Результаты эксплуатации подтвердили также преимущества и эффективность принятой концепции использования скафандра, специально предназначенного для ВКД. Следует отметить, что эксплуатация скафандров на орбитальных станциях в течение нескольких лет без возврата на Землю и использование их многими экипажами была успешно осуществлена впервые в мировой практике.

Во время ВКД на ОС *Салют*, *Мир* и *МКС* был выполнен ряд весьма важных и сложных ремонтных, сборочных и других работ, обеспечивших как продолжение эксплуатации станций, так и их дальнейшее развитие. К ним,



Рис. 8.4-4. Общий вид скафандра ОРЛАН-М-ГН

в частности, можно отнести отцепку неотделившейся антенны КРТ от ОС *Салют-6*, ремонт гидравлической системы на поверхности ОС *Салют-7*, установку дополнительных солнечных батарей, осмотр и ремонт модуля *Спектр* на ОС *Мир*, установку дополнительных выносных двигателей на ОС *Мир* (рис. 8.5-1), осмотр и удаление посторонних предметов в узлах стыковки ОС с транспортными кораблями, замену неисправного блока гироскопов на американском сегменте *МКС* и т. д.

Суммарное количество ВКД, проведенных в СК типа ОРЛАН и перечень использованных скафандров в период с декабря 1977 г. по 01.09.2004 г. дается в нижеприведенных таблицах 8.1 и 8.2. Количество выходов, осуществленных в каждом скафандре, зависело в основном от объема планируемых на ОС работ, сроков их проведения, времени работы самой станции, гарантийных сроков и состояния изделий и некоторых других причин.



Рис. 8.4-5. Тренировка космонавтов в скафандрах ОРЛАН-М-Т на стенде *Выход*:
вверху — общий вид стенда, внизу — инструктор ЦПК Н. Жамалетдинов готовит
скафандр к тренировке

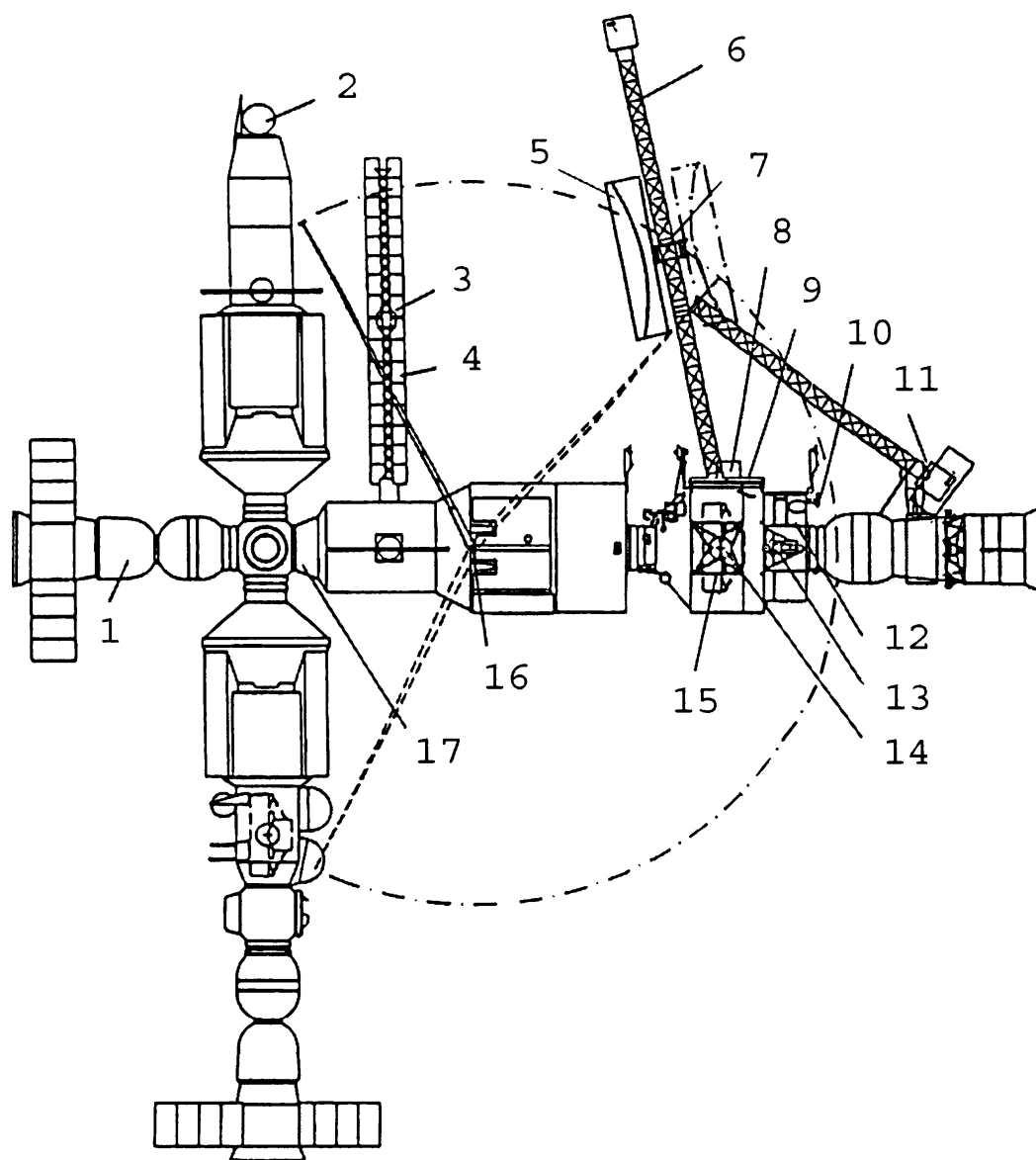


Рис. 8.5-1. Основные операции, выполненные экипажами в открытом космосе с целью восстановления и расширения научного и технологического потенциала ОС Мир: 1 — ремонт теплозащиты корабля *Союз-ТМ*; 2 — ремонт выходного люка; 3 — установка обзорной телевизионной камеры; 4 — монтаж СБ и экспериментальной СБ; 5 — установка рефлектора; 6 — установка фермы Софора в рабочее положение; 7 — сборка фермы Софора; 8 — установка стапеля; 9 — установка монтажной платформы; 10 — замена антенны; 11 — монтаж ВДУ на ферме Софора; 12 — ремонт телескопа с теневой маской; 13 — установка звездного датчика; 14 — монтаж контейнера с приводами МСБ; 15 — монтаж фермы основания привода МСБ; 16 — установка основания грузовой стрелы; 17 — монтаж французской экспериментальной конструкции «ЭРА»

Почти за 27 лет эксплуатации на ОС *Салют*, *Мир* и *МКС* использовалось 27 скафандров типа ОРЛАН, в каждом из которых проведено от одного до 15 выходов. 47 экипажей выполнили 109 операций по ВКД с суммарным временем около 900 чел/часов. Кроме советских и российских космонавтов в осуществлении ВКД принимали участие космонавты Франции (рис. 8.5-2), ЕКА и астронавты США.

Таблица 8.1. Количество ВКД, проведенных в скафандрах типа ОРЛАН

Год эксплуатации	Количество ВКД	Год эксплуатации	Количество ВКД ¹
1977	1	1991	10
1978	1	1992	6
1979	1	1993	7
1980	0	1994	2
1981	0	1995	10
1982	1	1996	9
1983	2	1997	6
1984	7	1998	10
1985	1	1999	3
1986	2	2000	1
1987	3	2001	5
1988	4	2002	4
1989	0	2003	0
1990	8	2004 (до 15.09)	5

Таблица 8.2. Эксплуатация скафандров типа ОРЛАН

ОС	Скафандр		Количество выходов	Дата доставки на орбиту	Дата последнего применения	Период эксплуатации
Салют-6	ОРЛАН-Д	№ 33	3	09.77 г.	15.08.79 г.	1 г. 9 мес.
Салют-6		№ 34	3	09.77 г.	15.08.79 г.	1 г. 9 мес.
Салют-7		№ 45	10	04.82 г.	08.08.84 г.	2 г. 4 мес.
Салют-7		№ 46	3	04.82 г.	03.11.83 г.	1 г. 7 мес.
Салют-7		№ 47	7	03.84 г.	08.08.84 г.	5 мес.
Салют-7						
Салют-7	ОРЛАН-ДМ	№ 8	3	06.85 г.	31.05.86 г.	~1 г.
Салют-7		№ 10	3	06.85 г.	31.05.86 г.	~1 г.

¹ Часть ВКД осуществлена в разгерметизированных модулях станции без открытия выходного люка.

Продолжение табл. 8.2

ОС	Скафандр		Количество выходов	Дата доставки на орбиту	Дата последнего применения	Период эксплуатации
Мир	ОРЛАН-ДМ	№ 7	5	03.86 г.	30.06.88 г.	2 г. 3 мес.
Мир		№ 9	5	03.86 г.	30.06.88 г.	2 г. 3 мес.
Мир	ОРЛАН-ДМА	№ 6	14	06.88 г.	27.07.91 г.	3 г. 1 мес.
Мир		№ 8	10	10.89 г.	20.02.91 г.	1 г. 4 мес.
Мир		№ 10	9	08.88 г.	21.04.91 г.	2 г. 8 мес.
Мир		№ 12	7	10.89 г.	20.02.91 г.	1 г. 4 мес.
Мир		№ 14	13	04.91 г.	22.10.93 г.	2 г. 6 мес.
Мир		№ 15	7	04.91 г.	18.06.93 г.	2 г. 2 мес.
Мир		№ 18	13	10.92 г.	08.12.95 г.	3 г. 2 мес.
Мир		№ 25	15	03.93 г.	13.06.96 г.	3 г. 3 мес.
Мир		№ 26	12	10.95 г.	20.10.97 г.	2 г.
Мир		№ 27	12	02.95 г.	20.10.97 г.	2 г. 8 мес.
Мир	ОРЛАН-М	№ 4	14	04.97 г.	12.05.2000 г.	3 г. 1 мес.
Мир		№ 5	12	04.97 г.	16.04.99 г.	2 г.
Мир		№ 6	10	10.97 г.	12.05.2000 г.	2 г. 7 мес.
МКС	ОРЛАН-М	№ 12	7	07.2000 г.	25.01.2002 г.	1 г. 6 мес.
МКС		№ 14	5	09.2001 г.	27.02.2004 г.	2 г. 5 мес.
МКС		№ 23	8	07.2000 г.	27.02.2004 г.	3 г. 7 мес.
МКС		№ 25	4	01.2004 г.	03.09.2004 г. ¹	
МКС		№ 26	4	01.2004 г.	03.09.2004 г.	
МКС		№ 27		05.2004 г.		

Длительная работа СК во многом зависела от качественного выполнения проверок и техобслуживания скафандра на ОС. Основная задача этих операций — убедиться в работоспособности скафандра и его систем перед проведением ВКД и сохранить его работоспособность для последующих работ. Большая часть экипажей прекрасно справлялась с этой работой.

Объем обслуживания и подготовки СК к ВКД был различным и зависел от состояния скафандра и длительности перерывов между «выходами». Полученный опыт определил следующие варианты обслуживания скафандров:

¹ По состоянию на 15.09.2004 г.



Рис. 8.5-2. Встреча Ж.Л. Кретьена со специалистами Звезды после первого ВКД иностранного космонавта (1988 г.). Слева направо сидят: Н. Афанасенко, Ж. Л. Кретьен, Г. Северин, В. Сверщек; стоят: И. Чистяков, В. Ефимов, А. Кирдань (ЦПК), М. Балашов, Ф. Востоков, А. Стоклицкий, И. Абрамов, Р. Шарипов, А. Барер, Б. Михайлов, И. Соколовский

- обслуживание перед первым выходом в скафандре после его доставки на станцию или после длительного перерыва между циклами ВКД;
- обслуживание, связанное с заменой экипажа;
- обслуживание между повторяющимися выходами в космос одним экипажем (через каждые 3–15 дней);
- обслуживание после осуществления ВКД.

Эти работы осуществлялись, как правило, за несколько дней или накануне выхода, а заключительные операции в день выхода. Наибольшее время требовалось для первого варианта обслуживания (порядка 6,5 часов), время обслуживания перед повторными выходами равнялось 1,5–2 часам. Операции по подготовке СК в день выхода занимали порядка 1,5 часов (для всех вариантов обслуживания). По окончании ВКД или на следующий день после нее (сушка СК и т.д.) на обслуживание требовалось еще около 3 часов. Основные операции по проверкам и обслуживанию СК на орбите и затрачиваемое на это время приведены в бортовой инструкции экипажу.

Личная гигиена космонавтов при многократном использовании СК, в том числе противомикробная защита, обеспечивались заменой индивидуального снаряжения членов экипажа после каждого выхода. При необходимости

осуществлялась также протирка загрязнившихся мест внутренней поверхности скафандра.

Важной составляющей сохранения работоспособности СК при длительном хранении являлось осуществление тщательной его сушки после проведения ВКД. Сушке подвергались внутренняя часть скафандра, сублиматор, трубопроводы и элементы, связывающие сублиматор с баком питающей воды, элементы бортовой системы вентиляции. Опыт показал, что при недостаточной сушке в условиях повышенной влажности на станции на элементах СК возможно появление плесени.

Естественно, что в процессе длительной эксплуатации изделий имел место ряд замечаний, которые в отдельных случаях вызывали снижение комфорта экипажа, а иногда требовали замены отдельных элементов изделий или даже их ремонта. То, что скафандры не возвращаются на Землю и их обслуживание осуществляется самими экипажами на орбите, затрудняет исследование имевших место замечаний и анализ состояния скафандра после ВКД. Поэтому результаты эксплуатации СК оценивались в основном на основании полученной телеметрической информации, докладов экипажей, результатов послеполетного обсуждения, а также исследований некоторых, доставленных на Землю отказавших элементов скафандра.

Каждое из выявленных замечаний тщательно анализировалось, после чего для их устранения при необходимости разрабатывались мероприятия, предусматривающие (в зависимости от выявленной причины) дополнительный инструктаж экипажа, уточнение бортиструкции, замену отдельных элементов или проведение доработок изделий. В случае обнаружения при подготовке к ВКД неисправностей или отклонений в работе систем СК по договоренности с Землей проводились дополнительные проверки или ремонтно-профилактические работы. Для этого в комплекте скафандров был предусмотрен специальный инструмент и небольшое количество запасных частей для мелкого ремонта скафандра (замена прокладок, разъемов и т. п.).

Для СК ОРЛАН-ДМА и -М предусмотрена также возможность замены рукавов и нижней «мягкой» части скафандра непосредственно на борту станции при их повреждении или по мере износа. Более серьезный или деликатный ремонт при необходимости осуществлялся под руководством группы поддержки с Земли с использованием имеющихся на борту средств или после доставки на станцию соответствующего оборудования.

Анализ отказов и замечаний, имевших место за время эксплуатации СК на ОС показывает, что их можно разделить на несколько групп:

- отказ элементов скафандра, приведших к необходимости ремонта СК или к сокращению времени ВКД;
- отказ элементов скафандра, приведших к снижению комфорта экипажа или к ухудшению сигнализации или телеметрических измерений, но не повлиявших на выполнение ВКД;
- ошибочные действия экипажа и прочие замечания, например, сбой бортового или наземного измерительного оборудования и т. п.

Отказы первой группы были крайне редки и в основном обнаруживались до начала ВКД в процессе проверки СК. Ко второй группе замечаний можно отнести частичное запотевание остекления СК, сбой в работе датчиков измерения расхода вентиляционного газа и медицинских параметров и т. п.

Следует отметить, что значительную помощь космонавтам в процессе подготовки и осуществления ВКД оказывает группа специалистов Звезды в Центре управления полетами, которая контролирует параметры работы систем в СК с помощью телеметрии и информирует космонавтов обо всех замеченных отклонениях в работе, а также рекомендует решения по их устранению. Ошибочные действия экипажа чаще всего парировались именно за счет рекомендаций этой группы поддержки ВКД, хотя имелось несколько случаев задержки или сокращения времени ВКД из-за этих ошибок.

Активную роль в группе поддержки ВКД играли специалисты Звезды М. М. Балашов, а с 1995 года Г. М. Глазов. Они же вели прямую радиосвязь с экипажами при проведении работ со скафандрами и при необходимости во время ВКД.

Следует отметить, что часть отказов произошла на изделиях с уже израсходованным ресурсом. На появление некоторых неисправностей влияло также то, что в отдельные периоды времени атмосфера на станции не соответствовала заданным требованиям (по влажности или температуре). При длительных перерывах в работе скафандров (иногда более года) это отрицательно влияло на работоспособность СК. В частности, отказы электронных блоков вентиляторов и медицинской аппаратуры Бета-08 (см. ниже) могли быть вызваны повышенной влажностью на станции. Один из скафандров ОРЛАН-М был вообще заморожен при его хранении в модуле *Квант-2* в 1999 году (при отсутствии экипажа на станции).

Ниже приводятся некоторые из проведенных на ОС *Мир* доработок скафандров, а также ремонтных работ, выполненных космонавтами для устранения выявленных замечаний, либо связанных с изменением условий эксплуатации. Ряд ремонтных работ проводился в связи с необходимостью использования скафандров уже выработавших свой ресурс или почти выработавших ресурс.

Из наиболее крупных доработок и ремонтов, проведенных на борту ОС, следует отметить¹:

- ремонт оболочки штанины скафандра (1983 г.);
- замена блока вентиляторов (1991 и 1998 гг.);
- установка дополнительного ограждения ручки переключения режимов давления скафандра (1988 г.);

¹ В СК ОРЛАН-Д, который использовал В. Соловьев при ВКД № 15 отказал водяной насос. Работа была выполнена при одновременно работающих двух вентиляторах (так как система водяного охлаждения не функционировала) Этот СК не ремонтировался в связи с окончанием его срока службы. При дальнейшей модификации скафандра (ОРЛАН-М) был введен резервный водяной насос.

- замена рукавов скафандра в связи с введением гермоманжеты (1990 г.) и в связи с повышенной утечкой (1998 и 2000 гг.).
- замена крана «тепло-холод» на пульте управления пневмогидросистемами на новый с улучшенными характеристиками (1990 г.);
- замена измерительного комплекса скафандра (1990 г.);
- замена негерметичного тройника в гидросистеме скафандра (1991 г.);
- замена блока обработки медицинских параметров Бета-08 (1998 г.);
- замена негерметичного водяного гермоклапана на объединенном разъеме скафандра (1999 г.).

После всех этих доработок были проведены необходимые проверки скафандров и продолжена их нормальная эксплуатация. Как показал опыт многолетней эксплуатации, скафандры типа ОРЛАН обладают как повышенной надежностью благодаря резервированию наиболее ответственных, жизненно важных узлов и элементов конструкции, так и высокой ремонтоспособностью, что позволило в ряде случаев с успехом выйти из крайне сложных ситуаций. Можно привести несколько примеров выхода из драматических ситуаций.

Один из них произошел во время 3-й экспедиции на ОС *Салют-6* в 1979 году, когда после проведения эксперимента с радиоантенной КРТ-10 диаметром 10 м она зацепилась за один из выступающих элементов станции. Нужно было срочно выходить в космос для отцепки антенны. Однако дело осложнялось двумя обстоятельствами: во-первых, один из скафандров ОРЛАН-ДМ не был готов к работе, так как из его ранца был снят отказавший ранее резервный вентилятор (он готовился для возврата на Землю вместе с экипажем); во-вторых, были сомнения в допустимости осуществления ВКД экипажем, находившемся на орбите в условиях невесомости почти 6 месяцев. Ведь к тому времени еще не было большого опыта длительных полетов с проведением ВКД.

Однако станцию нужно было спасать. Было создано несколько рабочих групп для принятия решения. Непосредственное участие в их работе принимал В.П. Глушко, а от Звезды Г.И. Северин. По скафандру было принято решение — установить неисправный вентилятор на свое место (чтобы замкнуть линию вентиляции) и после тщательной перепроверки скафандра допустить его к работе. При этом имелось в виду, что безопасность космонавта будет обеспечена и при отказе основного вентилятора за счет возможности работы системы с включенным инжектором. Экипаж в составе В. Ляхова и В. Рюмина 15.08.79 г. успешно выполнил поставленную задачу.

Другой, можно сказать, уникальный случай произошел на ОС *Салют-7* в 1983 году, когда космонавтам удалось устранить повреждение основной герметичной оболочки скафандра. В 1982 году в двух скафандрах ОРЛАН-Д первой экспедицией этой станции был успешно выполнен выход в космос. На 1 ноября 1983 года (после более чем годового хранения) был запланирован выход в этих же скафандрах экипажа следующей экспедиции в составе космонавтов В. Ляхова и А. Александрова. Однако, при проверке скафандров

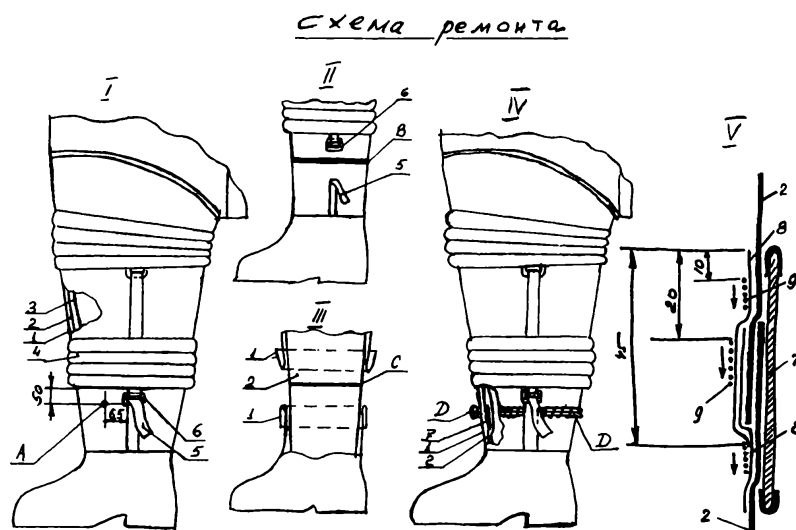


Рис. 8.5-3. Иллюстрации по ремонту штанины СК ОРЛАН-Д, переданные на борт ОС Салют-6:

I — Оболочка ноги до ремонта; II — Подготовка к ремонту силовой оболочки;
 III — Подготовка к ремонту гермооболочки; IV — Оболочка ноги после
 ремонта; V — Схема установки бандажа; 1 — силовая оболочка; 2 — основная
 (наружная) гермооболочка; 3 — резервная гермооболочка; 4 — коленный шарнир;
 5 — регулировочная силовая лента; 6 — пряжка; 7 — бандаж (жесткое кольцо);
 8 — пластырь; 9 — нитки шпаговки; А — место утечки, обнаруженное экипажем;
 В — место разреза силовой оболочки; С — место разрыва и дополнительного разреза
 гермооболочки; Д — ручной шов соединения разреза силовой оболочки

перед выходом 26 октября космонавты обнаружили негерметичность одного из скафандров и установили место утечки — под коленом на правой ноге. Для этого космонавты по рекомендации Земли распорол продольный шов силовой оболочки, раскрыли ее, после чего обнаружили поперечный разрыв основной гермооболочки длиной около $2/3$ периметра ее поперечного сечения. Последующим анализом было определено, что наиболее вероятной причиной такого разрыва являлась неправильная (очень плотная) укладка скафандра на длительное хранение предыдущим экипажем станции. Проведенной проверкой на герметичность скафандра было установлено, что резервная гермооболочка была цела. Это говорит о том, что если бы такой дефект возник при работе вне станции, то жизнь космонавта была бы вне опасности. Более того, при необходимости экстренного аварийного выхода он мог быть осуществлен и при задействовании только одной, резервной, гермооболочки. Однако, во избежание повышенного риска было принято радикальное решение: отремонтировать за оставшиеся до выхода дни поврежденную гермооболочку самими космонавтами с помощью консультаций с Земли. На Звезде была образована группа, которую возглавил лично Генеральный конструктор Г.И. Северин.

В состав группы вошли в основном конструкторы, испытатели, производственники Звезды, а также представители ЦКБЭМ. Группа должна была разработать технологию ремонта с использованием имеющихся на борту инструментов и подсобных материалов, подтвердить надежность оболочки после ремонта и обучить экипаж проведению этой операции.

Следует отметить, что такой аварийный ремонт оболочки до этого случая не только не планировался, но вообще не рассматривался.

С учетом результатов анализа имеющегося на борту набора инструментов и материалов, было опробовано несколько вариантов ремонта как с использованием традиционного клеевого способа, так и «сухой» вариант (без клея) с помощью кольца (бандажа). Для реализации был принят вариант изображенный на рис. 8.5-3. Кольцо из листового алюминиевого сплава толщиной 1,3 мм и шириной 70 мм изготовили сами космонавты, отпилив ножовкой нужную полосу от кожуха вентилятора и склепав ее концы. Технология ремонта была такова: внутренняя сторона кольца и его кромки обклеивались медицинским пластырем. Из резиновых мешков, входивших в состав системы удаления отходов вырезалось четыре кольца по ширине равной ширине жесткого кольца. Одно резиновое кольцо наклеивалось на бандаж. В месте поперечного разрыва силовая оболочка, выполненная из капрона, разрезалась на две части, кромки ткани оплавливались паяльником. Аналогично полностью разрезалась гермооболочка. Через полученный разрез кольцо-бандаж вставлялось между наружной и внутренней гермооболочками, на него натягивались сначала нижняя, а затем с перекрытием верхняя часть разрушенной гермооболочки.

На полученный стык накладывались два слоя лейкопластыря. Полученный пакет плотно крепился к бандажу нитками. Поверх ниток одевалось два резиновых кольца, поверх которых выполнялось второе крепление нитками, которое закрывалась четвертым резиновым кольцом. Распоротый продольный шов и поперечный разрез силовой оболочки зашивались нитками через край.

В процессе отработки методики на Звезде был проведен ремонт специально разрезанных 4-х фрагментов оболочек и штанин скафандров, отработавших ресурс в гидробассейне. Ремонт производился специалистами Звезды, в том числе теми, которые должны были консультировать экипаж. Надежность оболочки после ремонта была подтверждена испытаниями упомянутых четырех образцов, которые включали: опрессовку и проверку герметичности, проверку прочности, ресурсные испытания, испытания в барокамере. Кроме того было определено, что отремонтированная таким образом оболочка не вносила каких-либо изменений в процесс надевания-снятия скафандра и работы в нем при ВКД.

29 октября методика работы и подготовленные эскизы были переданы радиограммой на борт ОС, а 30 октября экипаж произвел ремонт скафандра и все необходимые проверки. 1-го и 3-го ноября 1983 года успешно были выполнены запланированные выходы (рис. 8.5-4 и 8.5-5).



Рис. 8.5-4. Послеполетное обсуждение специалистами Звезды результатов ВКД и ремонта ноги скафандра с космонавтами В. Ляховым и А. Александровым



Рис. 8.5-5. Визит В. Ляхова и А. Александрова на Звезду после ремонта скафандра на орбите. Сидят (слева направо): С. Косичкин, Ю. Новиков, И. Никитин, В. Ляхов, Г. Северин, А. Александров, А. Леонов, Н. Афанасенко, В. Дубров; стоят: В. Ефимов, И. Абрамов, А. Стоклицкий, В. Разгулин (ЦКБЭМ), А. Серебров, В. Сверщек, Э. Васкевич (представитель ВВС), Ф. Востоков, В. Харченко, Ф. Тимохин, В. Цветов, Ю. Карпов, И. Резников (представитель ЦПК)

Был еще ряд случаев нетрадиционного (нештатного) использования скафандров. В 1995 г. впервые были проведены три внутрикорабельных «выхода» (внутри ПхО) с целью переноса стыковочного конуса для подготовки стыковки к станции модуля *Природа*. При этом работа в СК проводилась с использованием бортовых шлангов и электрофалов. В 1997 г. в связи с необходимостью проведения работ внутри негерметичного модуля *Спектр* (который был поврежден из-за столкновения с кораблем *Прогресс*) и невозможностью использовать теплообменник-сублиматор скафандра из-за недостаточной величины вакуума в модуле, в короткий срок Звездой были изготовлены и доставлены на станцию шланги-удлинители (длиной 10 метров) для обеспечения охлаждения космонавтов в СК от бортовой системы с помощью БСС-2М. Использование шлангов-удлинителей позволило космонавтам выполнить поставленные задачи.

Оборудование для перемещения и маневрирования космонавтов

9.1. Разработка первых двигательных установок

Научно-исследовательские работы по изучению средств и методов обеспечения перемещения и маневрирования космонавта в условиях невесомости были начаты на Звезде еще в начале 60-х годов одновременно с работами по созданию экспериментального скафандра для выхода в космос (СКВ) из орбитальной тяжелой станции — спутника, проект технического задания на который был получен от ОКБ-1 в декабре 1961 года (см. также раздел 6.1). В соответствии с этим ТЗ в комплект скафандра должна была входить двигательная установка или, как ее сейчас называют, установка для перемещения и маневрирования космонавта (УПМК).

Основным назначением УПМК являлось обеспечение возможности космонавту в скафандре выполнять работы с отделением от поверхности корабля/орбитальной станции (например, для ремонта полезной нагрузки, летящей рядом с КК), выполнять облет космического корабля для его осмотра и инспекции, транспортировать грузы, проводить спасательные операции и т. д.

Для этого, установка должна была удовлетворять ряду специфических требований. Так, УПМК должна хорошо сочетаться со скафандром. Ее конструктивная схема должна учитывать особенности и ограничения, накладываемые скафандром, особенно в части работы с органами управления и обзора. Считалось целесообразным, чтобы органы управления УПМК были аналогичны органам управления космического корабля, к которым привыкли космонавты. Установка должна была обеспечивать возможность работы с ней космонавтов с различными антропометрическими данными, ее габариты не должны были препятствовать выносу ее через люки космического корабля (при хранении установки внутри КК).

Среди множества проблем, связанных с проектированием УПМК, весьма важным являлся прежде всего выбор динамических характеристик и потребного запаса рабочего тела для реактивных двигателей. Необходимо было обеспечить требуемые характеристики установки при минимальных габаритах и массе. В связи с этим, на начальном этапе работы в 1962–63 гг. совместно с НИИ-2 был проведен теоретический анализ динамики движений системы человек/скафандр/УПМК на расстояниях 50–100 м от космического корабля. Определялись такие параметры, как скорость отхода от КК и скорость перемещения в условиях невесомости, возможные возмущения при движениях, тяга маршевых двигателей, запас и расход рабочего тела.

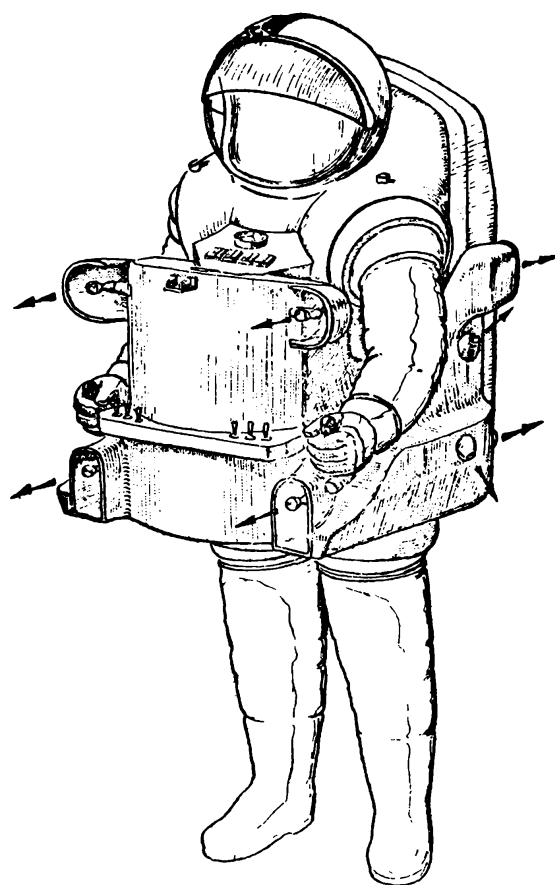


Рис. 9.1-1. Общий вид УПМК на скафандре СКВ (рисунок из эскизного проекта)

Система управления движением (СУД) для этого проекта разрабатывалась также НИИ-2.

В 1964 году исследования продолжились на летающей лаборатории ТУ-104 в ЛИИ имени Громова, для чего был разработан и изготовлен макет установки, работающий на воздушных двигателях. В качестве двигателей (12 шт.) для УПМК планировалось применение жидкостных реактивных двигателей, работающих на несимметричном диметилгидразине с окислителем в виде азотной кислоты с иодистой добавкой. Для наддува одноразовых капсул с горючим планировалось использование сжатого азота. Основные характеристики УПМК применительно к экспериментальному скафандру СКВ: характеристическая скорость 50 м/сек, полный импульс 15000 Н·сек, масса топлива 6 кг, общая масса установки 65 кг. Имелась аварийная система с запасом топлива 2 кг и полным импульсом 5000 Н·сек. Работа по УПМК для СКВ (рис. 9.1-1) закончилась выпуском эскизного проекта в 1965 году.

С приходом на Звезду Г.И. Северина (в 1964 году) работы по созданию УПМК были форсированы уже применительно к разрабатываемым в 1964–66 гг. «мягким» скафандрам для выхода в открытый космос (см. гл. 5).

Сначала эта работа проводилась в соответствии с Решением от 27.07.65 г. применительно к дополнительно заказанным 2-м кораблям типа *Восход* (с использованием для выхода в космос мягкого шлюза ВОЛГА), на которых планировалось применение скафандров ЯСТРЕБ.

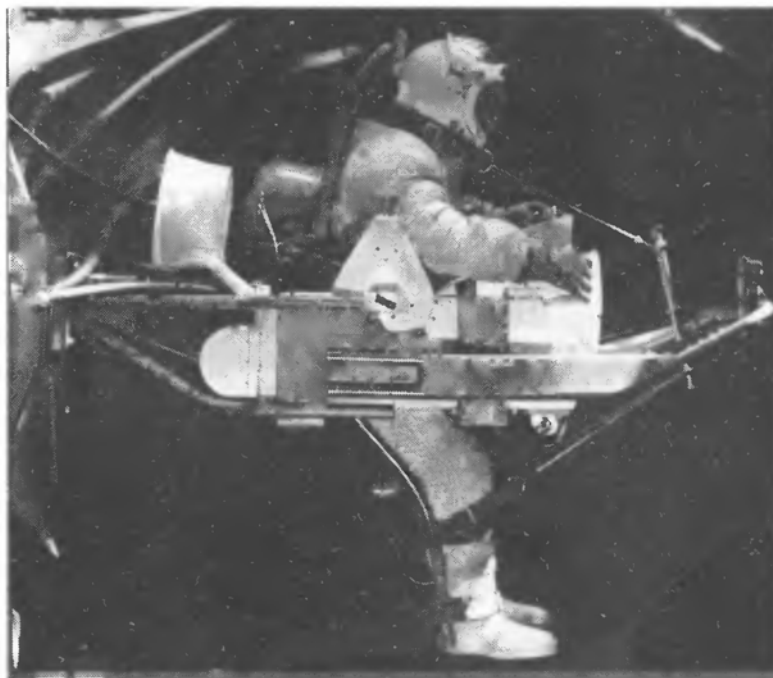
После прекращения работ по этим кораблям создание УПМК продолжилось по Решению от 28.12.1966 г. применительно к программе *Алмаз*, где также планировалось применение скафандра ЯСТРЕБ и ранца РВР-1. В 1966 году было изготовлено 2 образца УПМК для проведения наземной отработки и проведения испытаний на воздушном подшипнике в НИИ-2. В этом же году был изготовлен одностепенной стенд вращения на Звезде. После принятия решения об использовании УПМК на *Алмазе* система управления для нее и лебедка разрабатывались филиалом ЦКБМ. Были проведены также примерки макета УПМК в шлюзе орбитального модуля *Алмаза*.

Создание первого опытного образца установки УПМК применительно к скафандру типа ЯСТРЕБ было завершено в 1968 г. и она могла быть использована при выходе в открытый космос. Установка была выполнена в виде «подковы», охватывающей космонавта в скафандре спереди, и включала комбинацию двух систем исполнительных органов (рис. 9.1-2). Первая состояла из маршевого и тормозного блоков пороховых ракетных микродвигателей (по 42 в каждом блоке) для линейных перемещений вперед-назад и вторая из 14 воздушных реактивных двигателей, обеспечивающих линейные и угловые перемещения космонавта по шести степеням свободы. Блоки с одиночными пороховыми двигателями были скомпонованы таким образом, чтобы линия действия тяги каждого из двигателей проходила через центр масс системы человек в скафандре/УПМК. Включение одиночных пороховых двигателей осуществлялось с пульта управления.

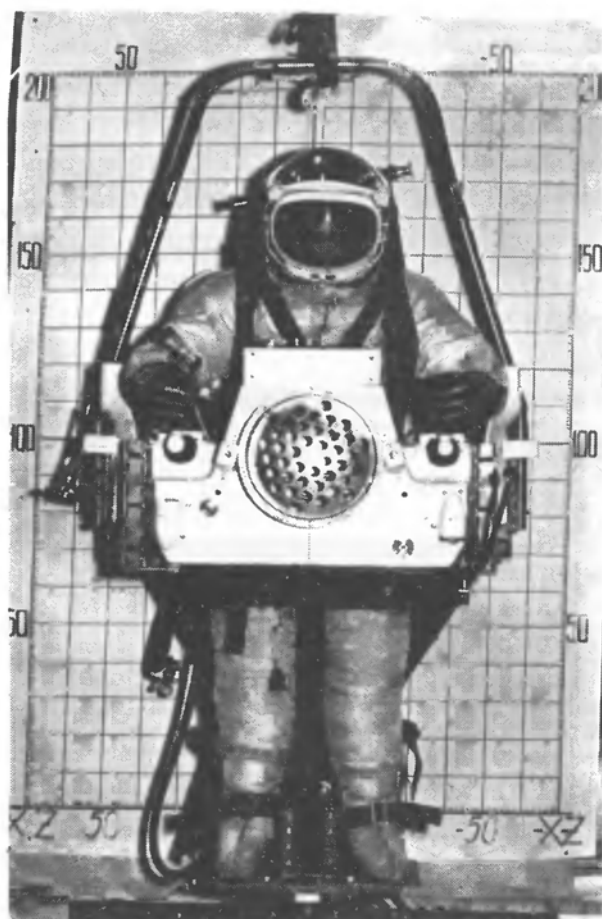
Основные характеристики УПМК

Изменение линейной скорости системы (вперед или назад) при срабатывании каждого двигателя	0,2 м/с
Суммарный импульс системы исполнительных органов УПМК для блоков пороховых двигателей и для воздушных реактивных двигателей	4000 Н·сек
Импульс одиночного порохового двигателя	45 Н·сек
Тяга воздушных реактивных двигателей	8 шт. по 2,5 Н, 6 шт. по 5,0 Н
Характеристическая скорость	32 м/с
Масса	90 кг

При замене СК ЯСТРЕБ на ОРЛАН для осуществления ВКД на *Алмазе* решением Звезды и ЦКБМ 20.11.69–28.11.69 г. планировалась разработка



(a)



(б)

Рис. 9.1-2. Общий вид УПМК на скафандре ЯСТРЕБ на испытательном стенде:
а — вид сбоку, б — вид спереди)

УПМК и для ОРЛАНА. Однако дальнейшие работы по УПМК были прекращены из-за отсутствия в то время конкретных задач, решаемых с использованием установки, и соответствующего оснащения пилотируемых объектов. Позднее эти работы были возобновлены применительно к полетам на ОС *Мир*, где для осуществления ВКД также использовались скафандры типа ОРЛАН.

9.2. Установка для перемещения и маневрирования космонавта орбитальной станции *Мир*

В феврале 1990 г. космонавты А. А. Серебров и А. С. Викторенко провели летно-конструкторские испытания установки для перемещения и маневрирования космонавта (условное название — изделие 21КС) при выходе в открытый космос из модуля *Квант-2* орбитальной станции *Мир*. При этом А. А. Серебров реально удалился от станции на 33 м, а А. С. Викторенко на 45 м.

Установка 21КС (рис. 9.2-1) представляет собой автономную систему с силовой установкой, предназначенную для использования космонавтами во время внекорабельной деятельности и обеспечивающую их перемещение в открытом космосе. Используя ее космонавт может выполнять работу, перемещаясь вокруг космического корабля не пользуясь страховочной привязью и поручнями или элементами крепления ступней, расположенными на поверхности космического корабля.

Применение установки на ОС должно было позволить повысить эффективность работы космонавтов в открытом космическом пространстве при выполнении монтажных, ремонтно-профилактических, научно-исследовательских, военно-прикладных и спасательных работ.

Проработка этой установки была начата Звездой в 1984 году по предложению Звезды и Энергии в соответствии с совместным решением МАП и МОМ от 22.03.84 г. Использование установки 21КС планировалось при проведении ВКД на ОС *Мир* и МКС *Буран*. Одновременно начались работы по модификации скафандра для обеспечения его работы без электрофала, связывающего его с бортовым источником электропитания и радиотелеметрическими системами корабля (вариант ОРЛАН-ДМА).

Полномасштабные работы развернулись в 1986 году после выхода Постановления правительства от 25.09.1985 г.

Этим Постановлением на Звезду были возложены функции головной организации по разработке и изготовлению комплекса, включающего автономный скафандр с системой жизнеобеспечения, установку маневрирования космонавта 21КС и бортовые средства обеспечения автономной работы космонавта. Заказчиками комплекса были определены Министерство общего машиностроения и Министерство обороны. Разработка проводилась по ТЗ РКК Энергия. Решением от 31.10.85 г. были определены организации-соучастники работы и основные тактико-технические характеристики комплекса.

Разработка и изготовление системы управления движением были поручены РКК Энергия.

В 1986 году была проведена межведомственная макетная комиссия, изготовлено несколько технологических изделий 21КС (рис. 9.2-2), выпущена рабочая документация на изделия для заводских и межведомственных испытаний, началась отладка специальных стендов.

Основные характеристики 21КС

Время автономной работы в одном выходе без дозаправки	не менее 6 часов
Общее количество выходов	не менее 15
Характеристическая скорость	30 м/сек
Максимальная допустимая скорость перемещения	1 м/сек
Максимальная угловая скорость при разворотах	до 10 град/сек
Точность автоматической стабилизации	$\pm 0,5$ –5 град
Максимальное удаление от космического корабля - для МКС <i>Буран</i> - для <i>Мира</i> со страховочным тросом	100 м до 60 м
Масса 21КС	не более 180 кг

Установка 21КС была выполнена в виде ранца, охватывающего скафандр со стороны спины. При этом была разработана оригинальная конструктивная схема крепления скафандр-установка 21КС. Она позволила обеспечить возможность самостоятельного монтажа скафандра на установке, а также входа в скафандр и его обслуживание без его отсоединения от 21КС (рис. 9.2-3. и 9.2-4.). Крепление скафандра к 21КС осуществлялось элементами фиксации, расположенными на скафандре спереди. В передней части установки на двух шарнирах крепился жесткий пояс-шпангоут. На нем располагались узлы фиксации скафандра к установке — центральный замок, два боковых штыря и узлы крепления поворотных телескопических штанг, на концах которых были расположены пульта управления установкой с ручками управления линейными перемещениями (левый пульт) и вращением (правый пульт). Поворотные штанги 21КС обеспечивали два положения пультов: рабочее — при пилотировании и транспортное — при хранении установки на борту, а также при проведении работ на поверхности корабля.

В центральной части шпангоута был установлен узел фиксации установки к причальному устройству орбитальной станции. Шпангоут состоял из двух неравных частей, соединяемых между собой боковым замком (рис. 9.2-5). При открытии замка ранец установки вместе с меньшей частью шпангоута



Рис. 9.2-1. Общий вид скафандра ОРЛАН-ДМА с установкой 21КС
(теплозащита с установки снята)

имел возможность повернуться относительно шарнира на большей части шпангоута таким образом, что космонавт в скафандре мог самостоятельно без посторонней помощи и наличия специальных устройств на борту объекта закрепиться на центральный замок и боковой штырь, расположенный на большей части шпангоута. Повернув ранец в первоначальное положение и закрыв боковой замок, космонавт жестко и прочно фиксировался к установке.

Подобно космическому кораблю, 21КС имеет те же самые основные подсистемы: электропитания, исполнительных органов, управления, телеметрии и т.д. (рис. 9.2-6.). Подсистема электропитания 21КС включает в себя 2 серебряно-цинковых аккумулятора (основной и резервный). Одновременно она дублирует автономный источник питания скафандра (в случае его отказа). Номинальное напряжение электропитания 27 В, емкость основного аккумулятора — 18,0 А·ч, резервного аккумулятора 8,5 А·ч.



Рис. 9.2-2. Технологический образец установки 21КС

Система исполнительных органов установки состоит из двух одинаковых полукомплектов, каждый из которых включает в себя баллон с вентилем, обратный клапан, электроклапан, редуктор, 16 двигателей с тягой по 5 Н, предохранительный клапан в линии за редуктором, датчики и сигнализаторы давления газа в баллоне и системе. Каждый баллон заполнен 28 литрами воздуха под давлением 32,0 МПа. Это давление понижается редуктором до уровня, необходимого для работы двигателей — 1,25 МПа. При работе подсистемы исполнительных органов сначала включается в работу 1-й полукомплект, и после израсходования воздуха в его баллоне до 11,0 МПа он отключается, и включается в работу 2-й полукомплект. Давление 11,0 МПа выбрано из условия обеспечения необходимого запаса газа для возвращения

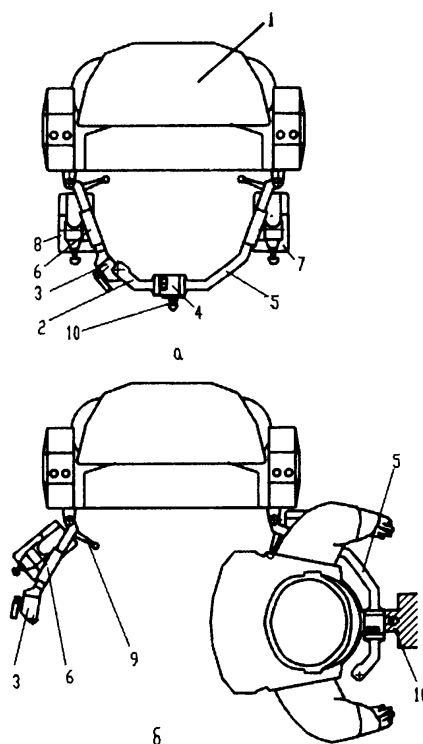


Рис. 9.2-3. Схема крепления установки 21КС к скафандру: а — вид сверху; б — вид с откинутым шпангоутом; 1 — верхняя часть установки; 2 — поясной шпангоут; 3 — аварийный замок; 4 — центральный замок; 5, 6 — левая и правая части шпангоута; 7, 8 — пульта ручного управления; 9 — штырь для крепления скафандра; 10 — штырь для крепления установки

космонавта при максимальном его удалении от корабля. Включение полукомплектов производится с пульта управления подачей напряжения на механизм открытия электроклапанов. Оба полукомплекта связаны между собой клапаном перепуска, открыв который космонавт подключает баллон со сжатым воздухом из неисправного полукомплекта (при отказе редуктора, двигателей и других агрегатов) к исправному. Все 32 двигателя установки размещены в четырех блоках на ранце таким образом, чтобы, во-первых, при создании линейных перемещений равнодействующая тяг включаемых двигателей проходила через центр масс системы 21КС-космонавт в скафандре, а во-вторых, вращения осуществлялись парами сил, действующими в плоскостях, перпендикулярных осям координат, относительно которых производятся вращения. При таком размещении двигателей создаются минимальные возмущения на вращения при линейных перемещениях и исключаются поступательные перемещения при вращениях.

Система управления движением установки предназначена для выдачи необходимых команд на включение двигателей в различных режимах работы — линейных перемещений, вращений, стабилизации положения

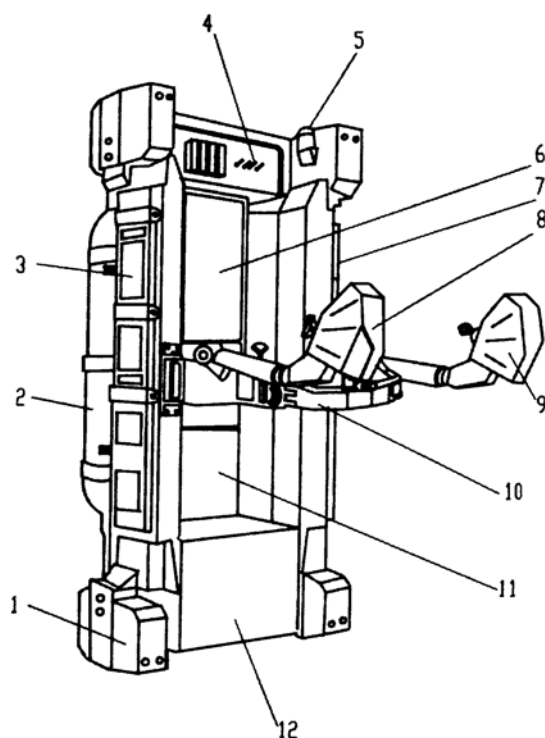


Рис. 9.2-4. Конструктивная схема установки 21КС: 1 — блок двигателей; 2 — баллон с запасом газа; 3 — резервная батарея; 4 — блок коммутации; 5 — навигационные огни; 6 — блок управления; 7 — основная батарея; 8 — пульт управления вращением; 9 — пульт управления линейными перемещениями; 10 — поясной шпангоут; 11 — блок датчиков угловых скоростей; 12 — компоненты подсистемы исполнительных органов

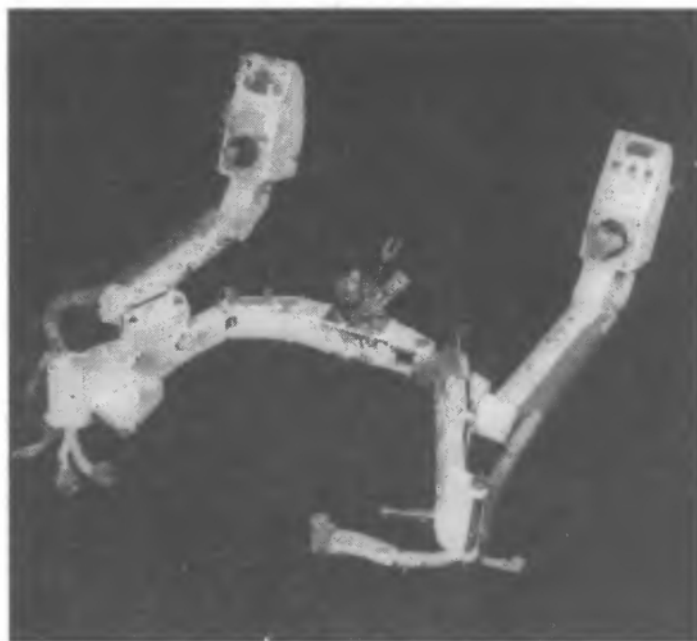


Рис. 9.2-5. Шпангоут установки с пультами управления

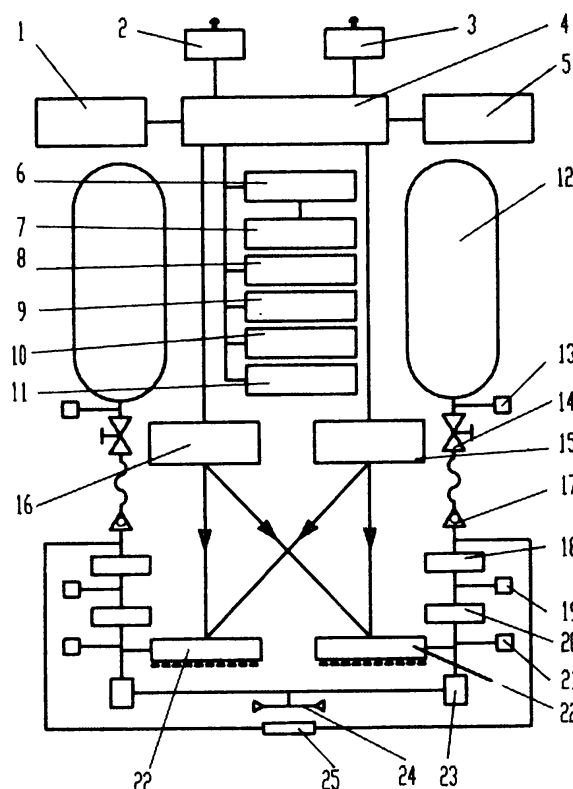


Рис. 9.2-6. Блок-схема оборудования установки 21КС: 1, 5 — основная и резервная батареи; 2, 3 — пульты управления; 4 — блок коммутации; 6 — блок радиотелеметрической системы; 7 — антенно-фидерное устройство; 8 — телевизионная камера; 9 — светильники; 10 — навигационные огни; 11 — другие потребители электроэнергии; 12 — баллон со сжатым воздухом; 13, 19 — датчики высокого давления; 14 — клапан; 15, 16 — подсистема управления (основная и резервная); 17 — обратный клапан; 18 — электроклапан; 20 — редуктор; 21 — датчик низкого давления; 22 — двигатели; 23 — предохранительный лапан; 24 — безмоментный насадок; 25 — клапан перепуска

в пространстве. Система состоит также из двух одинаковых полукомплектов, в каждый из которых входят гироскопический датчик угловых скоростей, электронный блок управления, статический преобразователь постоянного тока в переменный для питания гиромоторов датчиков угловых скоростей. Управление маневрированием осуществляется от ручек управления линейными перемещениями и вращением, расположенными на пультах (рис. 9.2-4).

Конструкция подсистемы управления предусматривает режимы полуавтоматического управления, автоматической стабилизации в пространстве и непосредственного управления. В системе полуавтоматического управления предусмотрено два режима работы — экономичный и форсированный. В экономичном режиме при однократном отклонении ручки линейных перемещений включаются соответствующие выбранному направлению

перемещения двигателя и через 1 с отключаются, при отклонении ручки управления вращениями установка приобретает угловую скорость 3 град/с и будет вращаться с этой скоростью до тех пор, пока космонавт не отпустит ручку и нейтральное положение. В форсированном режиме эти параметры соответственно равны 4 с и 8 град/с. Режим выбирается в зависимости от типа выполняемых работ и расстояния до космического корабля. При работах вблизи объекта, в том числе в режимах «зависания» у поверхности космического корабля, космонавт обычно выбирает экономичный режим, при работах на больших расстояниях — форсированный.

С целью облегчения управления в системе предусмотрен режим автоматической стабилизации углового положения 21КС в инерциальном пространстве с точностью $\pm 2^\circ$. Переход в этот режим осуществляется с пульта управления нажатием кнопки «обнуление». В случае необходимости изменения углового положения космонавт отклоняет ручку управления вращениями, осуществляет необходимый разворот, и после отпускания ручки система будет поддерживать новое угловое положение в пространстве, соответствующее моменту отпускания ручки.

Режим непосредственного управления позволяет космонавту задавать различное время работы двигателей и скорость вращения, что может быть полезным, например, при подходе к вращающемуся объекту при его техническом обслуживании. В этом режиме управляющие команды от ручек подаются непосредственно на двигатели через временное устройство. При однократном отклонении соответствующих ручек двигатели перемещений работают 2 с, двигатели, обеспечивающие вращение, — 0,2 с и затем отключаются. Для выбора необходимых скоростей космонавт должен несколько раз отклонить ручки в нужном направлении.

Радиотелеметрическая система передает на Землю около 100 параметров, характеризующих работу 21КС, и позволяет вести наземный контроль за ее работой в процессе выхода в открытый космос. Звуковая сигнализация о работе систем установки передается в шлемофон скафандра. Навигационные огни и фара обеспечивают видимость комплекса из космического корабля и освещение места работы на теневых участках орбиты. Все системы 21КС размещены в корпусе, который для обеспечения необходимого теплового режима работы агрегатов покрыт экранно-вакуумной теплоизоляцией.

Системы установки имеют высокую степень надежности. Основные системы установки дублированы, и при любом единичном отказе обеспечена возможность самостоятельного возвращения космонавта на корабль. В системе управления движением команды от ручек подаются отдельно в каждый из двух контуров полуавтоматического и в контур непосредственного управления. В случае отказа бокового и центрального замков шпангоута и для освобождения космонавта от установки в аварийных ситуациях в конструкции шпангоута 21КС предусмотрены быстрорасчлняющиеся механические и электрические разъемы, позволяющие космонавту быстро освободиться от нее.

Для подтверждения надежности и соответствия установки требованиям технического задания в 1986–89 гг. был проведен большой объем экспериментальной отработки:

- отработка конструкторско-технологического макета, компоновки и сочетаемости с СК ОРЛАН-ДМА, определение массово-инерционных характеристик;
- оценка установки в гидроневесомости и на летающей лаборатории совместно с элементами конструкции орбитальной станции и корабля;
- функциональные испытания, определение и уточнение основных технических характеристик;
- тепловые и вакуумные испытания;
- отработка динамики на 1, 3-х степенных стендах с воздушной опорой;
- отработка динамики на моделирующих стендах с визуализацией процессов перемещения;
- предварительные (заводские) испытания на соответствие ТЗ;
- отработка радиотелеметрических систем совместно с базовым модулем станции.

Для этих целей на Звезде был создан целый ряд специальных стендов. Стенд с принудительным вращением был предназначен для проверки технических параметров установки путем создания угловых скоростей стола стенда при поочередной перестановки осей 21КС относительно оси вращения стола с соответствующим измерением при этом параметров 21КС. На 3-х степенном стенде на сферической воздушной опоре исследовалось угловое движение 21КС относительно 3-х осей. При этом 21КС устанавливался на подвижной части сферического воздушного подшипника.

Комплексная оценка установки, а также тренировки космонавтов по отработке навыков управления 21КС, проводились на стенде с аэростатическими опорами (АСО) (рис. 9.2-7). На этом стенде движение системы 21КС + скафандр ОРЛАН-ДМА + испытатель, закрепленной на раме, происходило с 3-мя степенями свободы (вращение вокруг вертикальной оси и перемещение в горизонтальной плоскости по 2-м направлениям) на очень точной опорной площадке размером 7×8 метров (уклоны не превышали 0,1 мм на 1 метр, шероховатость не более 20 микрон). Питание воздушных опор осуществлялось от магистрали сжатого воздуха через гибкий шланг. На Звезде был также создан моделирующий стенд с визуализацией процессов перемещения «Полоса», который использовался для отработки методики управления установкой и тренировок космонавтов.

В ноябре 1988 года были проведены Межведомственные испытания комплекса с участием РКК Энергия, Центра подготовки космонавтов, представителей ВВС и Министерства обороны. В испытаниях участвовали космонавты А.А. Серебров и А.С. Викторенко, которые готовились к работе с 21КС на станции *Мир*. Определялись возможность управления установкой по



Рис. 9.2-7. Испытатель в скафандре ОРЛАН-ДМА с установкой 21КС на стенде с азростатическими опорами

визуальной оценке испытателем своего положения и параметров движения, линейные и угловые ускорения и скорости, точность автоматической стабилизации. Оценивалась также работа при различных режимах управления, в том числе при нештатных ситуациях. С установкой 21КС был проведен в общей сложности 31 эксперимент в гидролаборатории, 32 полета на летающей лаборатории и большое количество тренировок космонавтов, включая тренировки на стенде АСО и «Полоса» на Звезде. Проводились также тренировки на моделирующем стенде «ДОН» в ЦПК.

26 ноября 1989 года был осуществлен запуск на орбиту модуля *Квант-2*, на котором на станцию *Мир* был доставлен летный образец установки 21КС с оборудованием, необходимым для проверки 21КС на борту станции. С целью дополнительного обеспечения безопасности в непредвиденных случаях (орбитальный комплекс *Мир* не может осуществить маневр «подбора» для спасения космонавта) натурные испытания 21КС были проведены с исполь-

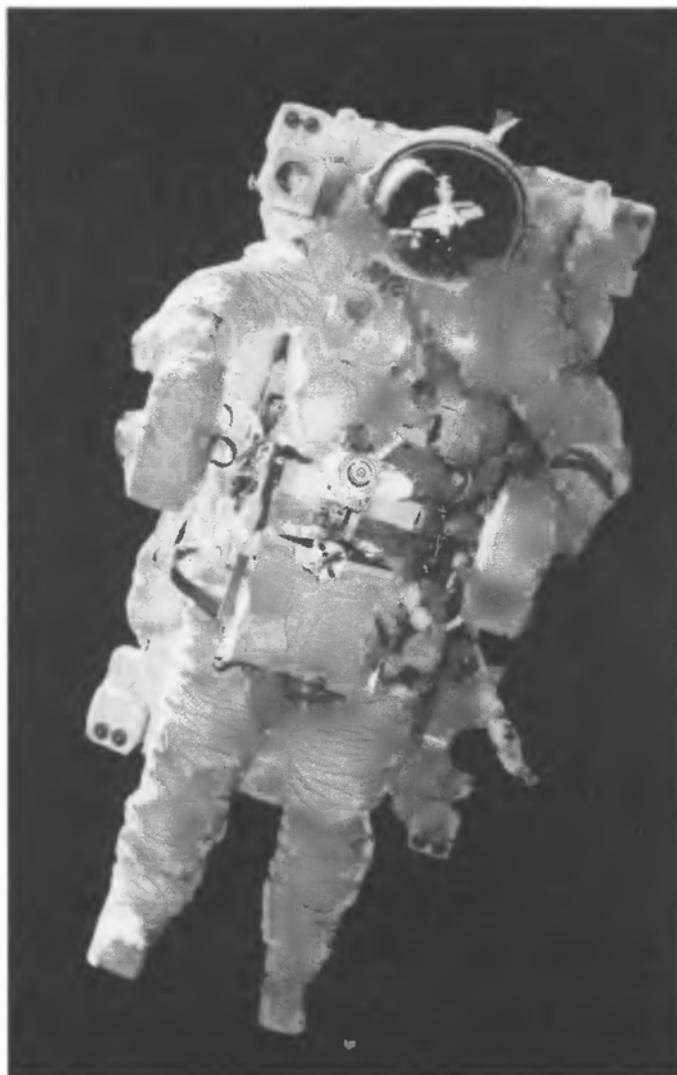


Рис. 9.2-8. А.А. Серебров работает с установкой 21КС снаружи ОС Мир 01.02.90 г.

зованием специальной страховочной лебедки с тросом из высокопрочного синтетического материала, связывающим космонавта с орбитальной станцией. Система слежения страховочной лебедки обеспечивала выпуск и уборку троса с минимальными усилиями, практически не влияющими на динамику движения космонавта. Страховочная лебедка крепилась к шпангоуту 21КС после выхода космонавта с установкой из шлюзовой камеры станции. Реально А.А. Серебров находился в полете на установке в течение 40 минут, отойдя при этом от станции на расстояние 33 метра (рис. 9.2-8). А.С. Викторенко «летал» на 21КС 93 минуты с удалением от станции на 45 метров. Космонавты дали высокую оценку техническим и эргономическим характеристикам 21КС. Они подтвердили, что установка может быть использована при проведении разнообразных работ в открытом космосе с отходом от поверхности космического корабля.

9.3. Установка самоспасения космонавта

При дальнейшей эксплуатации ОС *Мир* к сожалению не ставилась задача использования установки 21КС, однако полученный при ее создании уникальный опыт использован Звездой при разработке упрощенного средства самоспасения (по английской аббревиатуре «Сейфера»), предназначенного для обеспечения возврата космонавта в скафандре ОРЛАН-М на поверхность МКС в случае его случайного отрыва от станции в процессе выполнения ВКД. Как известно, безопасность экипажа в СК ОРЛАН-М при перемещениях по поверхности станции обеспечивается применением двух страховочных фалов. При отстыковке одного из фалов член экипажа дополнительно страхует себя, держась за поручень рукой. Такой метод страховки успешно использовался в течение почти 25 лет на российских орбитальных станциях. С целью повышения безопасности ВКД «при двух отказах» или ошибках экипажа по аналогии со скафандром НАСА была рассмотрена возможность дополнительной комплектации СК ОРЛАН-М на МКС устройством для самоспасения космонавта.

Разработка такого устройства для перспективного скафандра была начата Звездой в 1998 году по контракту с Росавиакосмосом. В 1999–2000 годах эта работа была продолжена применительно к СК ОРЛАН-М для МКС с финансовым участием НАСА. При этом технические требования на российский Сейфер и логика его работы с целью унификации и облегчения тренировок экипажей были максимально приближены к характеристикам имеющегося Сейфера американского скафандра ЕМУ. В то же время российский Сейфер существенно отличается от Сейфера ЕМУ по конструкции, по пневмосхеме, по способу закрепления на СК, органам управления и т.д. (рис. 9.3-1, 9.3-2 и 9.3-3). В 2001 году финансовая помощь со стороны НАСА прекратилась. Тем не менее в 2001–2002 годах Звезда по контракту с «Росавиакосмосом» закончила отработку Сейфера и изготовила образцы для доставки на МКС.

Основные технические характеристики Сейфера ОРЛАН-М

Рабочее тело	Воздух
Запас рабочего тела	1,3 кг
Давление в баллоне	35 МПа
Количество газовых двигателей	16
Тяга одного двигателя	3,5–4 Н
Суммарное приращение скорости	3,6 м/с
Располагаемое линейное ускорение	0,03–0,06 м/с ²
Располагаемое угловое ускорение	5,8–8,7 °/с ²
Дублирование в пневмосистеме	Предусмотрено с автоматическим переключением
Количество циклов самоспасения	5 (с заменой блока с запасом газа после каждого цикла)

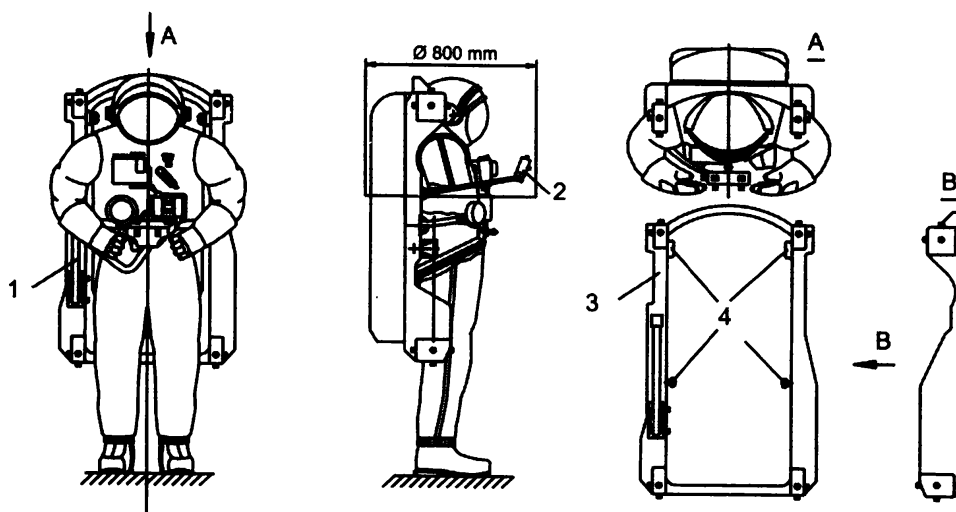


Рис. 9.3-1. Установка сейфера на скафандр ОРЛАН-М: 1 — пульт ручного управления в положении хранения; 2 — пульт в рабочем положении; 3 — сейфер до установки на скафандр; 4 — элементы крепления сейфер/скафандр

Сейфер жестко крепится на СК в 4-х точках. При этом сохраняется возможность обслуживания СК на МКС, вход и выход из СК, проход через штатный люк диаметром 1 м и аварийный вход в отсеки МКС через люк диаметром 0,8 м. Предусматривается также возможность аварийного снятия Сейфера со скафандра во время ВКД (с помощью второго члена экипажа).

Электропитание Сейфера осуществляется от батареи СК ОРЛАН-М включением тумблера, размещаемого на пульте скафандра. Пульт управления Сейфером расфиксируется и устанавливается в рабочее положение вручную после включения электропитания.

Система управления движением (СУД) Сейфера разработана по ТЗ Звезды Раменским приборостроительным конструкторским бюро. Она имеет 3 режима работы: полуавтоматический режим управления (ПАУ), режим непосредственного управления (НУ) и режим аварийного управления (АУ). В режиме ПАУ обеспечиваются:

- автоматическое гашение приобретенных в момент отрыва угловых скоростей;
- стабилизация углового положения относительно 3-х осей с точностью $\pm 5^\circ$;
- ручной разворот относительно одной из осей с сохранением угловой стабилизации относительно двух других осей;
- ручное гашение или набор линейной скорости по 3-м осям.

В режиме НУ обеспечиваются ручное гашение угловой скорости, разворот относительно любой оси и ручное гашение или набор линейной скорости.

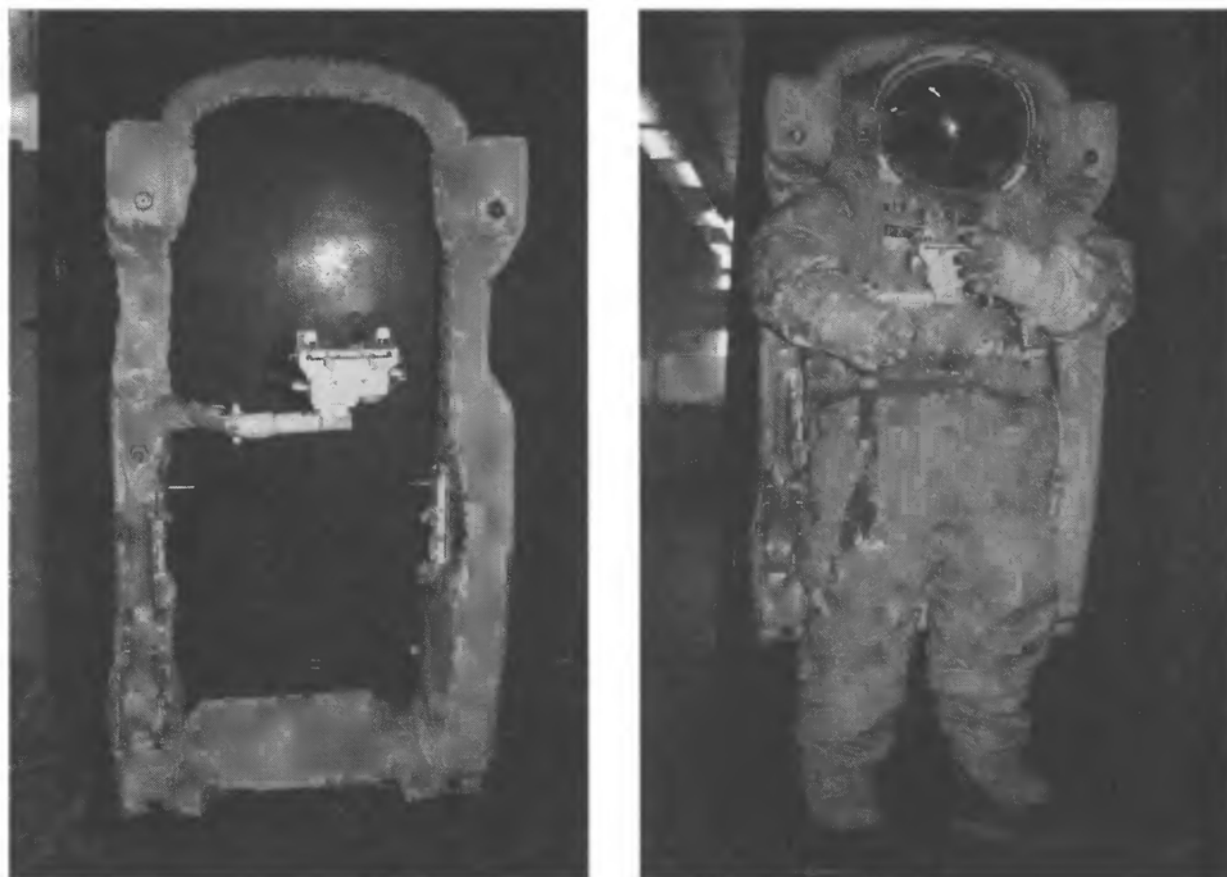


Рис. 9.3-2. Общий вид сейфера и СК ОРЛАН-М с установленным на нем сейфером

Режим АУ аналогичен режиму НУ, но при этом управляющие команды и электропитание передаются по независимым линиям.

Помимо функций управления, СУД осуществляет функцию контроля за состоянием пневмосистемы Сейфера, и выдает команды на изменение конфигурации и работы пневмосистемы при отказе одного из микродвигателей.

В создании систем перемещения и маневрирования космонавтов на разных этапах их создания принимал участие большой коллектив специалистов Звезды.

Непосредственно руководили работами по УПМК для скафандров СКВ и ЯСТРЕБ, а также по 21КС ведущий конструктор В.А. Фролов, а по Сейферу С.С. Поздняков. Руководство расчетно-теоретической частью работы осуществлял в основном А.Н. Лившиц.

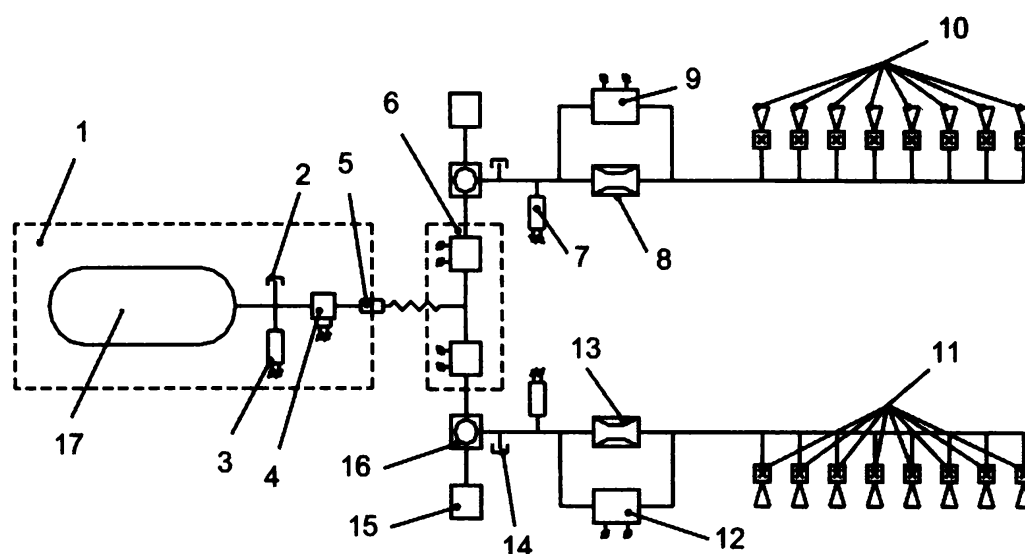


Рис. 9.3-3. Пневмосхема сейфера: 1 — блок хранения газа; 2 — штуцер заправки; 3 — датчик давления; 4 — пироклапан; 5 — разъем; 6 — запорное пироустройство; 7 — выключатель высокого давления; 8, 13 — трубки Вентури; 9, 12 — выключатель по перепаду давления; 10, 11 — газовые двигатели; 14 — разъем для проверки пневмосистемы; 15 — предохранительный клапан; 16 — редуктор; 17 — баллон со сжатым газом

Многоразовая космическая система *Буран*

10.1. Введение

Работы по многоразовой космической системе (МКС) *Энергия-Буран* были начаты на основании Постановления правительства от 17.02.1976 г. Основным заказчиком по этой системе выступало Министерство Обороны СССР, а головным разработчиком ЦКБЭМ (НПО Энергия). Головным разработчиком орбитального самолета *Буран*, входящего в состав системы, являлось НПО Молния (Генеральный директор и Главный конструктор Г.Е. Лозино-Лозинский). Решением комиссии от 18.11.1976 г. была утверждена кооперация основных исполнителей для создания МКС *Буран*.

Исходными данными НПО Молния от 22.07.1976 г., предусматривалась разработка Звездой эскизного проекта на ряд систем и изделий, в том числе на индивидуальную систему жизнеобеспечения (ИСОЖ), включая спасательный скафандр и бортовую систему жизнеобеспечения, скафандр с автономной системой жизнеобеспечения для выхода в открытый космос, средства аварийного покидания самолета (на этапе его отработки), индивидуальные средства защиты от пожара, систему удаления отходов (ассенизационно-санитарное устройство), агрегаты системы водообеспечения. В 1976 году Звездой был разработан эскизный проект на эти системы, а в 1978 году технический проект. После выхода Решения от 27.12.78 г. была начата разработка рабочей документации на экспериментальные и штатные образцы изделий, а затем их изготовление и поставка.

Звезда проводила работы по созданию изделий для МКС *Буран* по договорам с филиалом НПО Молния (Главный конструктор В.К. Новиков) и Тушинским машиностроительным заводом (в части поставки изделий). Курирование работ по скафандру для выхода в космос осуществлялось НПО Энергия. Сначала планировалось строительство 3-х штатных кораблей *Буран*, а в 1983 году это количество было увеличено до 5.

Первый кратковременный беспилотный полет *Бурана* состоялся 15 ноября 1988 года. На этом корабле были установлены в летном исполнении все основные изделия, разработанные Звездой, в том числе 2 катапультных кресла, скафандры с манекенами и бортовая СОЖ, работающая на скафандр. Планировалось осуществление второго беспилотного полета со стыковкой с ОС *Мир* длительностью 7 суток.

В связи с известными политическими событиями в 1991 году работа по созданию системы *Энергия-Буран* была переведена из военной программы

в Государственную космическую программу для решения народно-хозяйственных задач, а в 1992 году из-за сокращения финансирования «Росавиакосмос» принял решение прекратить работы по этой программе.

10.2. Создание индивидуальной системы обеспечения жизнедеятельности (ИСОЖ)

ИСОЖ была предназначена для обеспечения безопасности и работоспособности экипажа МКС *Буран* при аварийной разгерметизации кабины, неисправностях бортовой СОЖ, появлении в кабине дыма, а также в случае аварийного покидания корабля посредством катапультирования с последующим приземлением или приводнением. Система должна была также обеспечить работу экипажа в выходных скафандрах при их работе в шлюзовой камере и стыковочном модуле орбитального самолета (с помощью жгутов шлангов).

На этапе разработки эскизного проекта рассматривались 3 варианта исполнения ИСОЖ.

1-ый вариант — использование существующих или разрабатываемых в этот период систем. В частности, был проведен анализ возможности использования скафандра СОКОЛ-КВ, проектируемого для кораблей *Союз*. При этом имелось в виду, что в него будут внесены изменения, связанные с новыми условиями работы: необходимость управления самолетом в СК, находящимся под избыточным давлением; переход на замкнутую регенерационную систему, увеличение ресурса и т. д.

2-ой вариант — разработка автономной бортовой системы регенерационного типа, универсального мягкого скафандра и съемной ранцевой системы с СОЖ.

3-й вариант — применение универсального скафандра и ранцевой системы аналогично 2-му варианту, но с использованием ранцевой системы в качестве бортовой СОЖ при работе скафандра в спасательном варианте.

В течение 1976–77 гг. проводился анализ этих и других возможных вариантов изделий и систем и обсуждение их с Заказчиком (НПО Молния и ее филиалом) и предприятием Наука, ответственным на всю бортовую СОЖ. Представители Науки склонялись к варианту, предусматривающему работу скафандров от СОЖ кабины (единой как для кабины, так и для скафандра). Такой вариант имел минимальную массу, однако обладал рядом недостатков. В первую очередь, это снижение надежности, так как отказ бортовой СОЖ мог привести к гибели экипажа. Кроме того, как и при рассмотрении схем СОЖ кабины и скафандра для кораблей *Восток*, важное значение придавалось четкому разделению ответственности за работу систем между организациями-разработчиками.

При разработке эскизного проекта изделий для МКС пришлось столкнуться с рядом новых проблем. С одной стороны основные требования к скафандру были близки к аналогичным требованиям авиационных спасательных скафандров. С другой стороны как скафандр, так и бортовая СОЖ должны

были работать в условиях космического корабля (отсутствие системы наддува, невозможность быстрой посадки самолета в аварийной ситуации и т. д.).

В отличие от программы «Союз» для программы «Буран» предусматривался длительный многочасовой полет в случае разгерметизации кабины. Дополнительным требованием к скафандру была также необходимость противостоять аэродинамическому нагреву, возникающему при катапультировании члена экипажа на участке выведения на больших высотах при высоком числе «М». Кроме того, из-за длительности полета в загерметизированном скафандре в нем должны были быть предусмотрены системы водообеспечения и удаления отходов. Весьма существенной проблемой, особенно для бортового оборудования, явилось требование по многократности его использования (на начальном этапе расчет велся на 100 полетов орбитального корабля).

При разработке технического проекта был учтен уже накопленный к этому времени опыт использования спасательных скафандров СОКОЛ-К, скафандров для ВКД кораблей *Восход-2* и *Союз*, а также результаты осуществленного в конце 1977 года в СК ОРЛАН-Д первого выхода в открытый космос из орбитальной станции *Салют-6*. При этом были приняты следующие предпосылки:

1. ИСОЖ рассматривалась как автономная система, работающая только на опасных участках полета, когда экипаж находится в скафандрах: стартовая позиция и выведение, динамические операции на орбите, выход в открытый космос, спуск, разгерметизация кабины, появление в кабине дыма или отказ бортовой СОЖ на любом участке полета. Этим самым упрощалась схема бортовой СОЖ и вводилась дублирующая система, что повышало общую надежность систем жизнеобеспечения корабля, хотя и приводило к установке некоторого количества дополнительной аппаратуры. Связь ИСОЖ с бортовыми системами предусматривалась только по линиям подачи хладагента, кислорода и электропитанию. Учитывая требование по длительности работы скафандра в разгерметизированной кабине (сначала это было 6 ч, затем 8 ч и наконец 12 ч) и заданные энерготраты членов экипажа (150–200 Вт), в качестве оптимальной принималась замкнутая регенерационная система с охлаждением человека вентилирующим газом.

2. Совмещение требований к скафандру с целью использования его как для ВКД, так и в качестве спасательного приводит к ухудшению эксплуатационных характеристик как одного, так и другого, о чем уже говорилось в предыдущих главах. Поэтому в качестве скафандра для выхода в космос предложено использовать скафандр полужесткого типа ОРЛАН-Д со встроенной СОЖ (см. разд. 8), в качестве же спасательного — облегченный скафандр «мягкого типа». Использование готового СК ОРЛАН-Д позволяло снизить сроки разработки и стоимость создаваемых изделий.

3. Должна обеспечиваться возможность работы бортовой части ИСОЖ на скафандры ОРЛАН-Д во время шлюзования и проведения десатурации экипажа перед ВКД. Это даст возможность увеличить время использования скафандров вне корабля.

В течение 1977–79 гг. проводилось уточнение принципиальной схемы системы, макетирование изделий, разработка и выдача технических заданий смежным предприятиям, разработка чертежей отдельных агрегатов системы. Первый вариант технического задания (ТЗ) на ИСОЖ в целом был получен в сентябре 1978 года, окончательное ТЗ было согласовано в 1980 году. Последнее уточнение ТЗ было осуществлено в 1981 году, когда время работы скафандра по замкнутому циклу было увеличено до 12 ч (с целью обеспечения возможности посадки корабля в заданном районе при аварии в любой точке орбиты).

В последующие годы был проведен большой объем лабораторных, заводских и совместных испытаний системы, в процессе которых изделия претерпели существенные изменения. К 1986 году проведена основная часть заводских испытаний, в том числе ресурсные испытания и испытания на механические воздействия на 5 циклов применения изделий (5 полетов в составе ОК). Одновременно шло изготовление изделий и их поставка более чем на 15 различных макетов орбитального корабля, на которых проводились примерочные, тепловакуумные, динамические, электрические и летные испытания. Особо следует отметить полномасштабные межведомственные испытания СОЖ корабля, которые проводились в барокамере ГК НИИ ВВС на стенде 35СТ-14 (в 1990–91 гг.). При этих испытаниях проводились 18-ти суточные эксперименты с испытателями, при которых оценивалось непрерывное пребывание людей в скафандрах в течение 18 часов, в том числе 12 часов в «рабочем» режиме в разгерметизированной кабине. Проверялся также ряд аварийных режимов работы экипажа в скафандрах.

Параллельно с испытаниями изделий в штатном исполнении проводилась разработка специальных изделий для обеспечения тренировок экипажей на стендах ТДК-35 (в Центре подготовки космонавтов) и ПРСО-2 (пилотажный стенд в НПО Молния).

Работы по созданию ИСОЖ проводились под руководством ведущих конструкторов Абрамова И.П. (ИСОЖ в целом), Стоклицкого А.Ю. (по скафандру) и Чистякова И.И. (по электрооборудованию). Испытания проводились под руководством Опарина А.С.

10.3. Устройство бортовой части ИСОЖ

Бортовая часть ИСОЖ, обеспечивающая жизнедеятельность членов экипажа МКС при нахождении их в скафандрах состоит из нескольких блоков, в которых скомпонованы основные агрегаты системы (рис. 10.3-1): блок питания БП-1 и блок регулирования давления БРД-1 обеспечивают подачу кислорода в скафандры от основного и резервного запаса и снижение его давления до 0,45 МПа; блок БРС-1М (рис. 10.3-2) содержит агрегаты, образующие вместе с блоком очистки БО-1М (БО-2М) (рис. 10.3-3) и холодильно-сушильным агрегатом АХСГ контур вентиляции, замкнутый на 2 скафандра; блок ДУ-2 обеспечивает дистанционное ручное управление системой.

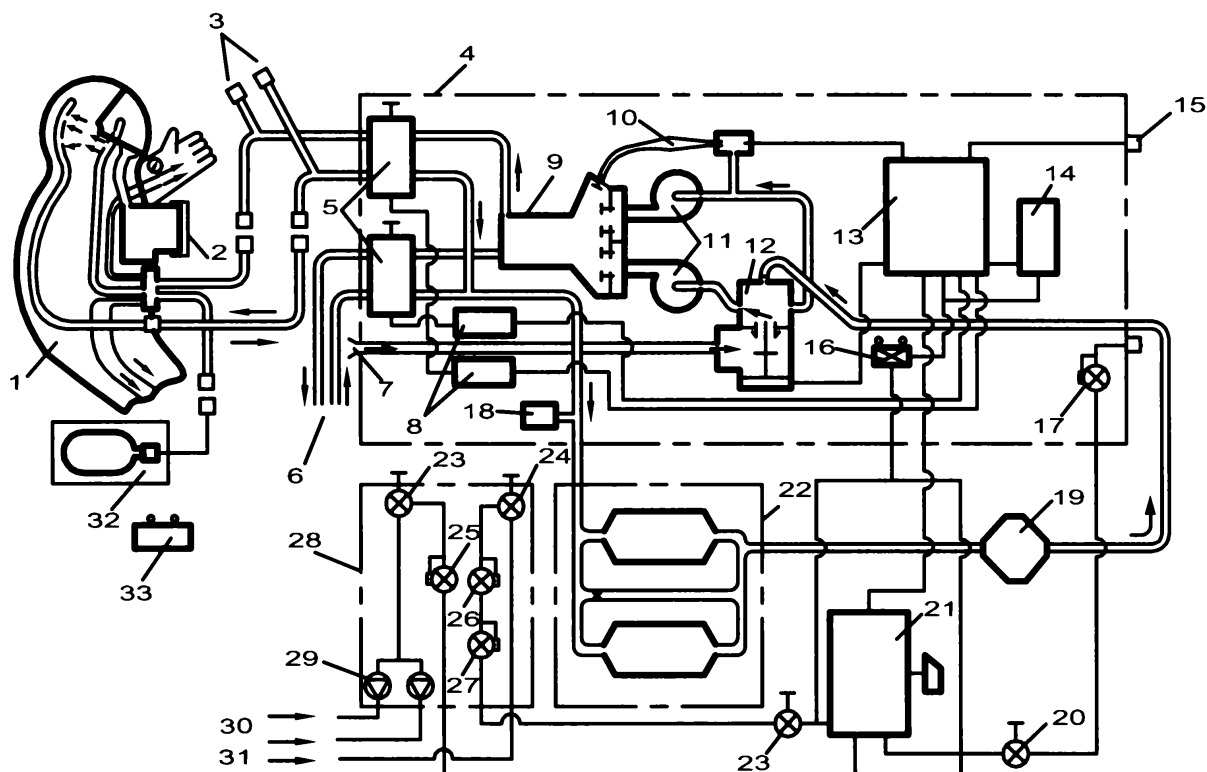


Рис. 10.3-1. Блок схема индивидуальной системы жизнеобеспечения в скафандрах корабля *Буран* (двухместный вариант): 1 — скафандр СТРИЖ; 2 — регулятор давления скафандра; 3 — разъемы для подсоединения жгута шлангов при работе в скафандре ОРЛАН в ШКК; 4 — блок БРС-1М; 5 — клапаны регулирования величины вентиляции и изоляции скафандров; 6 — ко 2-му скафандру; 7 — подсос воздуха из кабины; 8 — компенсаторы утечек из системы и скафандров; 9 — блок клапанов; 10 — инжектор; 11 — основной и резервный вентиляторы; 12 — клапан перехода системы на работу по замкнутому контуру; 13 — блок кислородной автоматики; 14 — автомат продувки; 15 — кислород к ШКК и СМ; 16 — электропневмоклапан; 17 — редуктор для подачи давления в систему питьевой воды; 18 — регулятор давления (он же служит предохранительным клапаном); 19 — холодильно-сушильный агрегат; 20 — кран для подачи давления в систему питьевой воды; 21 — дистанционное ручное управление; 22 — блок очистки (от CO_2 и вредных примесей); 23 — кран ручного включения кислорода; 24 — запорный кран; 25, 26, 27 — редукторы; 28 — блок питания БП-1; 29 — обратный клапан; 30 — подача кислорода от системы электропитания (СЭП); 31 — кислород из баллонов агрегатного отсека; 32 — блок подачи кислорода после катапультирования; 33 — блок барореле. Примечание: датчики и сигнализаторы на схеме не показаны

Для 4-х местного варианта корабля планировалась установка 2-х одинаковых контуров, включающих БРС-1М, блоки очистки, ДУ-2 и АХСГ. Первые полеты с использованием катапультных кресел, планировалось осуществлять в 2-х местном варианте. ИСОЖ могла работать как в вентиляционном режиме, так и в регенерационном, в зависимости от того замкнут или разомкнут

вентиляционный контур. При работе по разомкнутому контуру жизнедеятельность члена экипажа в скафандре обеспечивалась за счет вентиляции его газом, засасываемым из кабины. При открытом шлеме этот газ возвращался в кабину через шлем, при закрытом через регуляторы давления, размещенные на скафандре и на БРС-1М. При работе по замкнутому контуру газ, циркулирующий в системе, проходит сначала через вентиляционные коммуникации скафандра, унося выделяемые человеком влагу, тепло, углекислый газ и вредные примеси. Далее газ поступает в блок очистки (от CO_2 и вредных примесей), затем в холодильно-сушильный агрегат, охлаждающий газ и удаляющий из него влагу, и далее в блок БРС-1М, где происходит его обогащение кислородом, после чего газ снова поступает в скафандр. Падение давления в скафандре за счет утечек и потребления кислорода человеком компенсируется в блоке БРС-1М соответствующей подачей кислорода в замкнутый контур. Переход системы на работу по замкнутому контуру осуществляется автоматически при разгерметизации кабины (при падении давления в ней до величины ~ 600 гПа) или вручную по желанию экипажа.

При разгерметизации кабины автоматически включается и продувка скафандров (для снижения содержания азота в газовой среде скафандра). При включении ИСОЖ вручную продувка скафандра не производится. Основное рабочее давление в скафандре, поддерживаемое его регулятором, равно 440 гПа. С помощью этого же регулятора члены экипажа могли установить в скафандрах пониженное давление величиной 270 гПа.

Терморегулирование космонавтов в скафандрах при работе по замкнутому контуру обеспечивалось с помощью АХСТ, являвшейся частью бортовой СОЖ, разрабатываемой предприятием Наука. Блоки БРС-1М обеспечивали также вентиляцию скафандров ОРЛАН в шлюзовой камере при подготовке к выходу в космос (по замкнутому контуру), и их сушку после проведения ВКД.

10.4. Спасательный скафандр СТРИЖ

Разработка скафандра, входящего в состав ИСОЖ МКС *Буран*, началась в 1977 году с изготовления 6 экспериментальных образцов на базе скафандров СОКОЛ-КМ, СОКОЛ-КВ и СОКОЛ-КВ-2. В 1981 году выбранному образцу было присвоено название СТРИЖ (рис. 10.4-1) и было изготовлено еще 4 действующих макета скафандров.

Приоритетными среди требований, предъявляемых к скафандру корабля *Буран*, были требования по обеспечению:

- максимального комфорта и работоспособности при отсутствии избыточного давления в скафандре,
- работоспособности, необходимой для выполнения рабочих операций в аварийной ситуации при рабочем давлении (до 440 гПа) в скафандре;
- минимального времени и удобства самостоятельного надевания скафандра и приведения его в готовность в условиях невесомости;



Рис. 10.3-2. Общий вид блока БРС-1М (со снятой панелью)



Рис. 10.3-3. Общий вид блока очистки газа (от CO_2 и вредных примесей)



Рис. 10.4-1. Общий вид скафандра СТРИЖ

- возможности простой индивидуальной подгонки скафандра при ограниченном числе типоразмеров;
- сочетаемости с катапультным креслом (в частности с заголовником), с привязной системой кресла и подвесной системой парашюта.

Главной задачей на первом этапе работ по оболочке скафандра была разработка встроенной в конструкцию СК привязной системы, которая помимо функций силовой системы скафандра, должна была выполнять роль привязной системы кресла и подвесной системы парашюта. Второй задачей — было обеспечение возможности выполнения необходимых рабочих операций по управлению кораблем при избыточном давлении в скафандре, в том числе наклонов вперед, и принятия позы для катапультирования. Кроме выполнения указанных задач на изготовленных макетах были опробованы несколько вариантов переднего распаха оболочки СК без использования молний и шнуровок. Однако, сравнительные испытания показали, что оптимальной с точки зрения удобства и надежности эксплуатации является конструкция распах скафандра СОКОЛ-КВ-2, который и был принят для скафандра СТРИЖ (рис. 10.4-2).

В 1981 году был проведен комплекс лабораторных испытаний действующих макетов СК: испытания привязной системы на тренажере, испытания теплозащиты в условиях приземления и приводнения в зимнее время, испытания вентиляционной системы шлема и остекления на запотевание, продувки



Рис. 10.4-2. Передний распах скафандра СТРИЖ

совместно с креслом в аэродинамической трубе. В 1982 году была выпущена техническая документация и начато изготовление рабочих образцов скафандров СТРИЖ для 1-го этапа испытаний. Поскольку ИСОЖ была замкнутого типа, большое внимание уделялось отработке системы внутренней вентиляции скафандра. За основу была принята система вентиляции скафандра ОРЛАН, которая имела минимальное гидравлическое сопротивление.

В скафандре СТРИЖ была предусмотрена возможность питья при закрытом шлеме. Были разработаны бортовая система водообеспечения (СВО) и соответствующее устройство на скафандре. В комплект скафандра были также введены специальные гигиенические плавки, которые служили для впитывания мочи и поглощения запахов при непроизвольном мочеиспускании космонавта.

Одним из основных требований к скафандру СТРИЖ было обеспечение спасения космонавта при катапультировании на активном участке полета (при выведении) на высотах до 30 км и числах Маха до 3-ех. При этом помимо больших аэродинамических нагрузок имел место сильный нагрев скафандра. В связи с этим была разработана и использована для силовой



Рис. 10.4-3. Испытатель в скафандре СТРИЖ на катапультном кресле

оболочки скафандра специальная термостойкая ткань на базе волокна СВМ (сверхвысокомодульное волокно), обладавшая к тому же малым удлинением при растяжении. Для дополнительной теплозащиты была разработана верхняя одежда из эластичной кожи с алюминиевым покрытием. Было также введено дополнительное утепление оболочки (теплозащитные панели внутри скафандра).

С целью повышения надежности, для дополнительной теплозащиты и предотвращения возможного запотевания иллюминатор шлема имел двойное остекление.

Скафандр СТРИЖ имел оригинальную силовую систему корпуса, которая обеспечивала удобное надевание скафандра (перенос рамки шлема над



Рис. 10.4-4. Внешний вид остекления скафандра СТРИЖ после испытаний на аэродинамический нагрев при экспериментах на ЭСО

головой при «входе-выходе» из скафандра), и в то же время оптимальное положение оператора в кресле, в частности, возможность прижатия затылочной части шлема к заголовнику кресла при рабочем избыточном давлении в скафандре в случае катапультирования (рис.10.4-3).

Для скафандра СТРИЖ была разработана новая система подбора СК по антропометрическим характеристикам, базирующаяся на стандартах одежды для военнослужащих — мужчин.

В процессе разработки был проведен большой объем испытаний скафандра СТРИЖ, как автономных, так и совместно с бортовой индивидуальной системой жизнеобеспечения. Наряду с типовыми для космических скафандров испытаниями (примерки, испытания на прочность и ресурс, проверки подвижности, «высотные» проверки регулятора давления, испытания на плаву и др.) были проведены испытания системы водообеспечения, испытания встроенной привязной системы на тренажере и ее летные (прыжковые)

испытания, подтвердившие правильность выбранной схемы привязной системы, аэродинамические испытания совместно с катапультным креслом КЗ6М11Ф35, физиологические холодовые испытания, испытания гигиенических плавок.

В 1988-90 годах были изготовлены по 5 макетов кресел К-36МЭСО и скафандров «СТРИЖ ЭСО» с которыми проведены 5 летно-космических экспериментов во время испытательных запусков объектов ЭСО. При этих экспериментах были произведены катапультирования скафандра в кресле из космического модуля на высотах 35–40 км и числах Маха 3,2–4,1 (рис. 10.4-4).

В 1989 году были закончены заводские испытания скафандра СТРИЖ на полный ресурс и проведены испытания скафандра на летающей лаборатории ЛЛ ИЛ-96.

Российско-европейский скафандр для ВКД

11.1. Введение

С начала 90-х годов Звезда начала активно сотрудничать с рядом фирм и организаций западных стран с целью совместной разработки или модификации космических скафандров для существующих и перспективных летательных аппаратов.

К этому времени Звезда уже имела уникальный опыт по созданию и эксплуатации скафандров орбитального базирования типа ОРЛАН на ОС *Салют* и *Мир*. Поэтому при проведении совместных работ предполагалось использовать имеющийся опыт российской промышленности с готовой экспериментальной базой Звезды и новые технологии западных стран, что давало хорошие предпосылки успешного осуществления задуманных планов.

Прежде чем перейти к рассказу о совместных работах кратко остановимся на результатах исследований и разработок скафандра для ВКД, проведенных к этому времени в Западной Европе.

Амбициозные европейские планы относительно будущих пилотируемых космических систем середины 1980-х, охватывали создание многочисленных элементов для кратковременного и длительного пребывания на орбите. Для их эффективного использования требовалась возможность проведения работ по обслуживанию и операций в аварийных ситуациях с выходом экипажа в скафандрах на внешнюю поверхность летательного аппарата.

Работа по созданию Западно-европейского скафандра началась в 1986 г. В 1986–87 гг. по заданию Европейского космического агентства (ESA) в рамках программ *Гермес* и *Колумбус* были проведены два параллельных исследования технической осуществимости этой работы на фирмах Дорнье (Германия) и Вае (Великобритания).

Дорнье работала совместно с фирмами Дассо и Аэроспесиаль (Франция), Норд-Микро (Германия) и Микротехника (Италия). Для консультаций привлекалась фирма Гамильтон Стандарт, производитель скафандров в США. Фирма Вае в качестве европейских партнеров выбрала Матра во Франции, Сенер в Испании и Нормалер-Гаретт в Великобритании, а в качестве консультанта компанию МакДоннел-Дуглас (США).

Результаты исследований в 1988 г. были объединены в общем проекте по ESSS, которым руководила фирма Дорнье. Параллельно и согласованно с проектом ESSS проводились отдельные исследования по оболочке скафандра под руководством Дассо, подсистеме жизнеобеспечения под руководством

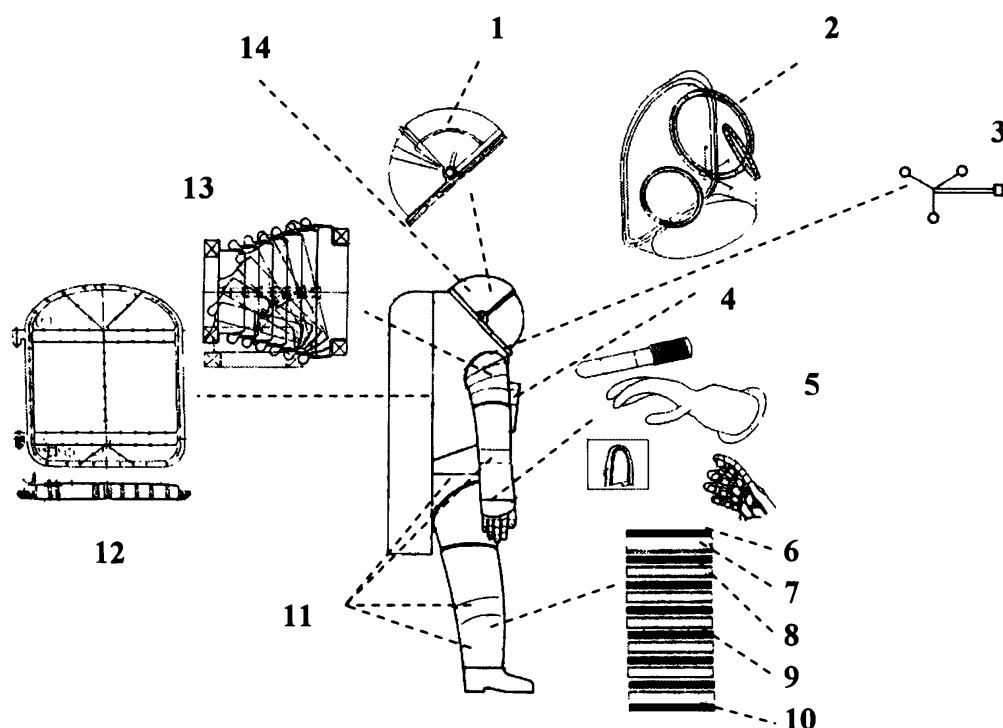


Рис. 11.1-1. Конфигурация оболочки скафандра ESSS: 1 — защитная каска, светофильтры; 2 — корпус (алюминий); 3 — биомедицинские датчики; 4 — нагрудный ранец (дисплей, интерфейсы с СОЖ, системой телеметрии и связи и разъемом жгута шлангов); 5 — перчатка (кистевой подшипник, полиуретановая гермооболочка, регулируемая длина пальцев, наконечник пальца — номекс и тефлон); 6 — теплозащитная противометеоритная защита; 7 — ортофабрик (внешний материал); 8 — алюминизированные пленки с акриловым покрытием; 9 — промежуточный слой из дакроновой сетки; 10 — внутренний слой из номекса; 11 — поясничный, локтевой, коленный и голеностопный шарниры; 12 — крышка люка (алюминий, интерфейсы с СОЖ и системой телеметрии и связи, 4 цилиндрических замка, система герметизации, первоначальное закрытие пружиной, ручка управления на поясице); 13 — плечевые шарниры (перекачиваемые гофры); 14 — шлем (полусферический, поликарбонат, комплект остекления)

Дорнье и подсистеме информации и коммуникаций под руководством фирмы Лабен. В начале 1989 г. были разработаны общие требования к ESSS (таблица 11.1), спецификации подсистем нижнего уровня и предварительная конфигурация скафандра (рис. 11.1-1).

В 1989–91 гг. были проведены серьезные опытно-конструкторские работы (этап предварительной разработки (C1). На этом этапе все работы проводились по договору ESA с генеральным подрядчиком Дорнье [Скуг и др., 1991, 1994].



Рис. 11.1-2. Посещение Жан Лу Кретьена Дорнье 18 января 1990 г. Слева направо: Р. Лёвенс, С. Бертье (Дассо), Г. Адами (Лабен), Г. Гордони (Лабен), А. И. Скуг (Дорнье), Ж. Л. Кретьен, П. Каниа (Дорнье), Д. Р. Шевалье (Дассо), С. Мюллер (Дорнье), У. Оливье (Дассо)

В это же время (1989 г.) началось сотрудничество европейских фирм с советским разработчиком скафандров предприятием НПП Звезда. Вскоре (в 1990 г.) Дорнье заключила с ним субподрядный договор на оказание технической помощи по системе ESSS в целом и по вопросам оболочки скафандра в частности.

Следует указать на то, что первые контакты со Звездой были установлены еще компанией Дассо при оказании технической помощи во время второго полета Жан Лу Кретьена в 1988 г. Во время этого полета он выполнил ВКД со станции *Мир* и на момент начала проекта ESSS являлся единственным европейским космонавтом/астронавтом, имеющим опыт ВКД. Его опыт был также использован при работе со скафандром ESSS (рис. 11.1-2).

Таблица 11.1. Основные требования к ESSS на этапе С1

Длительность выхода	Общая — 7 часов, включая 6 часов работы снаружи шлюза
Количество выходов (каждым членом экипажа)	1 — плановый, 1 — аварийный
Количество членов экипажа при ВКД	2

Продолжение табл. 11.1

Время подготовки к последующему выходу	Менее 14 часов
Рабочее давление в СК	500±10 гПа (270 гПа аварийное)
Атмосфера в СК	95% кислорода
Время работы в аварийной ситуации	≥30 минут
Срок службы	15 лет с профилактическим обслуживанием
Антропометрические размеры	От 5 до 95 перцентилей мужчин европейской популяции
Размеры	Должен обеспечиваться проход через люк диаметром 900 мм
Одевание/снятие	Самостоятельное через наспинный вход
Предварительное дыхание (десатурация)	150 минут при давлении в кабине 1013 гПа; при давлении в кабине 700 гПа — отсутствует
Утечка из скафандра	10 г/час максимум
Теплосъем	Общий 7600 кДж (метаболическое тепло), максимум 962 Вт в течение 15 минут
Парциальное давление CO ₂ в шлеме	10 гПа — номинальное; 20 гПа максимум в течение 15 минут

К началу разработки скафандра ESSS Европа имела опыт разработки только авиационных скафандров и систем жизнеобеспечения для модуля лаборатории *Спейслэб*, летавшего с американским *Шаттлом*. Поэтому, для Дорнье продолжительные рабочие отношения с Гамильтон Стандарт были крайне важны, так как эта фирма являлась генеральным подрядчиком американского скафандра для ВКД на *Шаттле* (EMU). Тем не менее концепция ESSS, определенная для начала этапа C1, отличалась от концепции EMU США, в частности, в использовании входа в СК сзади, более высокой подвижностью скафандра и более высоким давлением в нем. С другой стороны, принятая концепция СОЖ и ранцевой системы ESSS указывала на тесное сходство с концепцией ранцевой системы EMU (рис. 11.1-3).

Во время проведения этапа C1 была установлена необходимость обратить особое внимание на исследования технологии и экспериментальные работы по самым ответственным элементам скафандра. В некоторых случаях (перчатка, сублиматор и удаление CO₂) целью исследований являлось повышение уровня уже накопленных в США и бывшем Советском Союзе знаний. В других областях (гофрированный плечевой шарнир, уплотнения и подшипники, телефонная связь), для выбранной конструкции европейского скафандра были необходимы новые технологии, еще не реализованные в других конструкциях скафандров.

Конструкция оболочки ESSS основывалась на гибридной концепции: мягкие оболочки рукавов и штанин были установлены на жесткую верхнюю часть туловища. На заднем входном люке было установлено оборудование

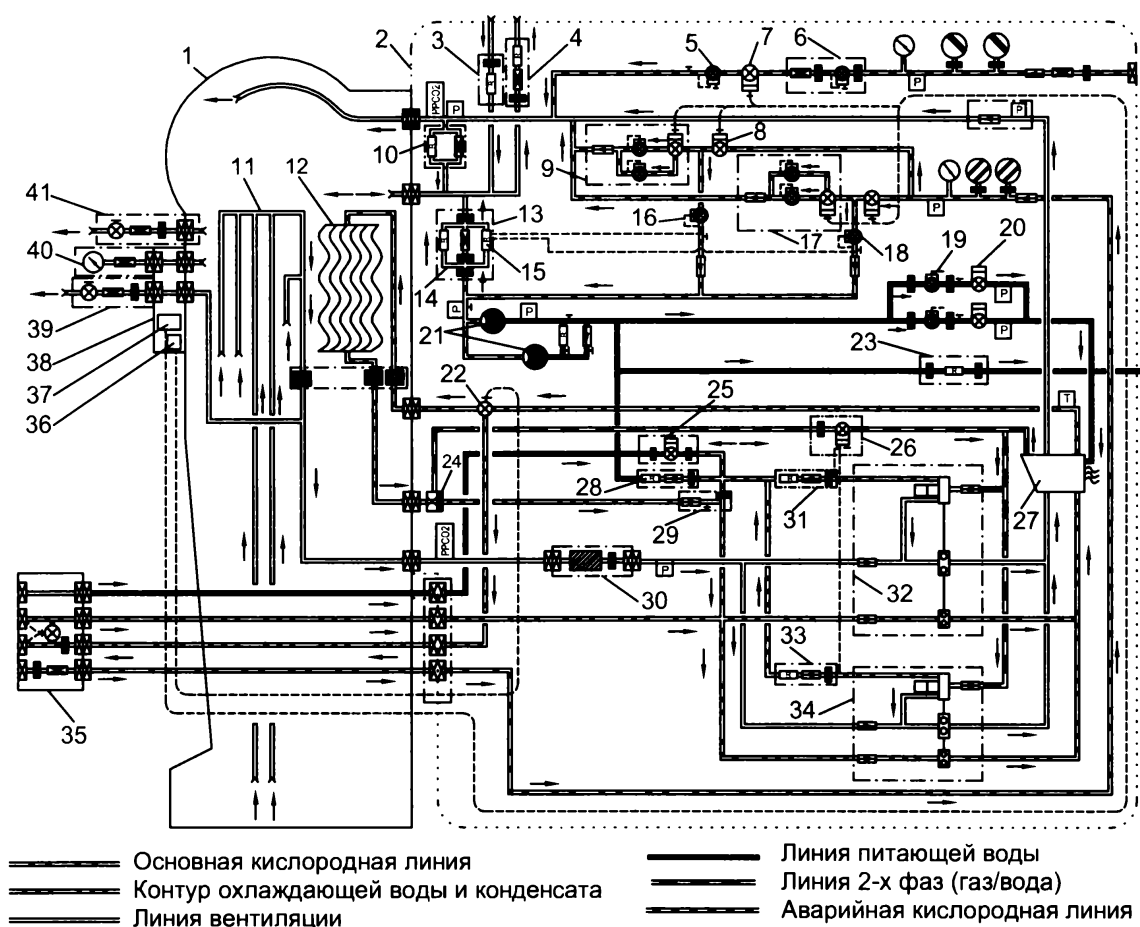


Рис. 11.1-3. Схема системы жизнеобеспечения скафандра ESSS
(концепция на этапе C1):

1 — оболочка скафандра; 2 — ранец; 3, 4 — предохранительные клапаны отрицательного и положительного давлений; 5 — аварийный регулятор давления; 6 — регулятор высокого давления; 7, 8 — запорные клапаны основной и резервный; 9, 17 — двухрежимные регуляторы давления (EVA/IVA) (основной и резервный); 10 — предохранительный клапан O_2 /дюза; 11 — система вентиляции; 12 — КВО; 13 — предохранительный клапан; 14 — большой расход; 15 — низкий расход; 16, 18 — регуляторы давления воды; 19 — регулятор давления питающей воды; 20 — запорный клапан питающей воды; 21 — основной и резервный баки питающей воды; 22 — кран регулирования температуры; 23 — защита от избыточного давления питающей воды; 24 — газовая ловушка; 25 — отсечной клапан (открыт при штатной работе); 26 — клапан с трубкой Пито; 27 — сублиматор; 28, 33 — предохранительные клапаны линии охлаждения и конденсата; 29 — обратный клапан/фильтр; 30 — патрон поглощения CO_2 и вредных примесей; 31, 33 — обратный и предохранительный клапаны линии конденсата; 32, 34 — вентилятор/насос/сепаратор; 35 — разъем жгута шлангов (ранцевая часть); 36 — клапан управления охлаждением; 37 — четырехпозиционный клапан; 38 — нагрудный ранец; 39 — клапан продувки (на большой расход); 40 — манометр; 41 — клапан продувки (на малый расход)

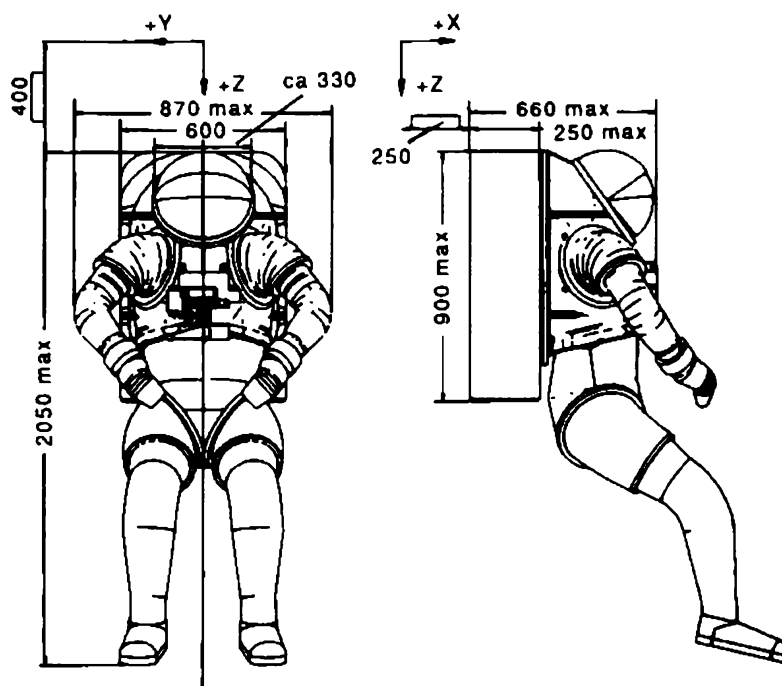


Рис. 11.1-4. Габаритные размеры скафандра ESSS

жизнеобеспечения (рис. 11.1-4 и 11.1-5). Сферический шлем, смотровые и противосолнечные щитки крепились на корпус посредством разъемного соединения, но на орбите не было предусмотрено их отсоединение.

Подвижность конечностей была достигнута посредством применения пяти пар подшипников в комбинации с мягкими шарнирами с одной степенью свободы. Комбинация плечевых, локтевых подшипников и плечевого шарнира обеспечивала три степени свободы, необходимые для подвижности плечевого сустава руки. Требования, предъявляемые к подвижности, предусмотренной для пояса и бедер были почти полностью удовлетворены. Это оправдывает сложную конструкцию, включающую комбинацию шарниров и подшипников в зоне пояса и бедер.

Перчатка является одной из самых важных деталей скафандра, так как крайне важно, чтобы пальцы в перчатке оставались подвижными и тактильно чувствительными, поэтому предусматривалось индивидуальное изготовление перчаток. Мягкие шарниры, расположенные на конечностях (локоть, зона бедра, колено, лодыжка) и на поясе имели раздельные герметичную и силовую оболочки, и были снабжены продольными силовыми элементами для восприятия осевых нагрузок от давления, что обеспечивало одну степень свободы. Конструкция подшипников содержала кольца и шарики из нержавеющей стали. Подшипники имели двухбарьерные уплотнения (с помощью клапанов герметизации).

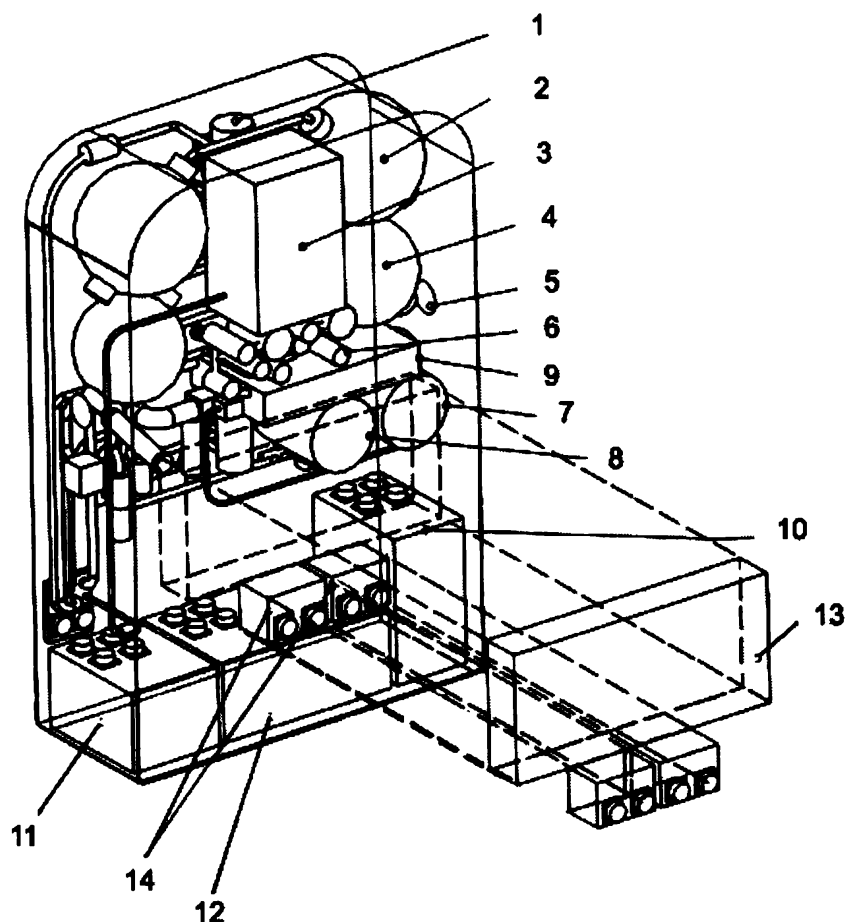


Рис. 11.1-5. Компоновка ранца: 1 — предохранительный клапан; 2 — основные кислородные баллоны; 3 — основная кислородная система; 4 — резервные кислородные баллоны; 5 — отверстия для выхода водяного пара; 6 — регулятор и клапаны системы питающей воды; 7, 8 — основной и резервный вентиляторы; 9 — сублиматор; 10 — преобразователь; 11, 12 — блоки электронного оборудования; 13 — патрон поглощения CO_2 и вредных примесей; 14 — дублированные батареи

Подгонка оболочки достигалась за счет использования двух размеров рукавов, поясной части и ног при одном размере корпуса и перчаток, изготавливаемых индивидуально.

В конце этапа С1 вопрос об общей структуре нижней части туловища оставался открытым. Сложная конструкция с двумя парами подшипников (по верхней и нижней границе бедра) обеспечивала высокую степень удобства и подвижности, но за счет большой массы. Сравнение ESSS с американскими и российскими конструкциями скафандров показало необходимость проведения дальнейших анализов и испытаний для получения адекватной конструкции, соответствующей задачам ВКД. Проведение дальнейших анализов

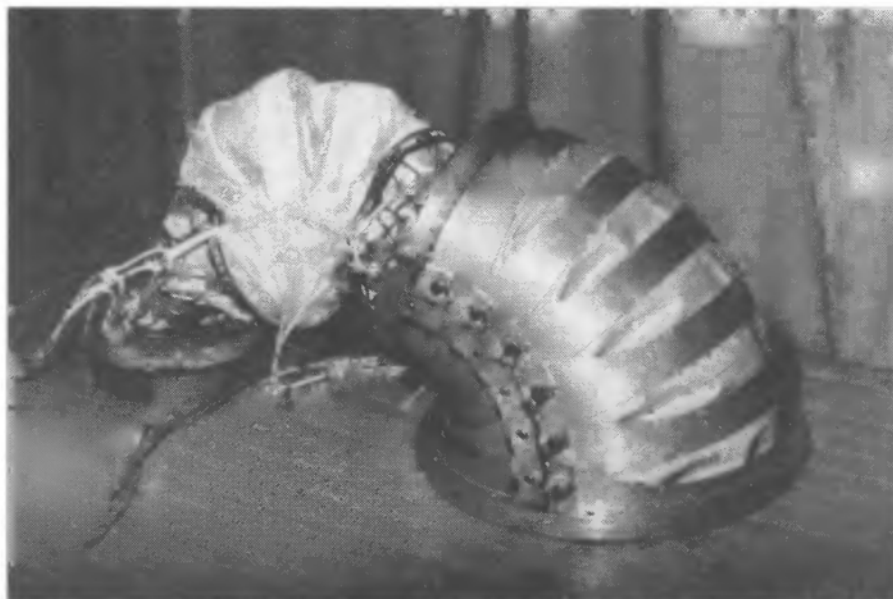


Рис. 11.1-6. Макет плечевого гофрированного шарнира (изготовлен компаниями Сабка и Аэрозюр)

также было необходимо из-за высокого крутящего момента в подшипниках и необходимости усовершенствования конструкции перчатки.

Ключевым элементом на этапе С1 являлась разработка технологии и изготовление макетов ряда элементов скафандра ESSS: плечевого шарнира, перчатки, локтевого шарнира, теплозащиты и защиты от микрометеоритов, компонентов высокого давления кислорода, сублиматора/теплообменника, агрегатов удаления CO_2 , блока вентилятор/насос/сепаратор, а также демонстрационного образца скафандра.

Общие виды ряда изготовленных макетов элементов оболочки скафандра и СОЖ представлены на рис. 11.1-6–11.1-10.

В конце этапа С1 был собран и испытан демонстрационный образец скафандра (рис. 11.1-11). Он состоял из жесткого корпуса с имитатором люка (двери для входа) и простого полусферического остекления вместо шлема. Правый рукав в сборе представлял собой макеты плеча, локтя и перчатки. Конструкция левого рукава была упрощена, она включала плечевой шарнир со шнуровкой, типовой локоть и упрощенный вариант перчатки. Нижняя часть туловища также была упрощена и выполнена без использования подшипников.

Эргономические испытания макета подтвердили заданные характеристики подвижности оболочки, удобство надевания и снятия скафандра. Были подтверждены также концепция входа сзади, геометрия туловища и характеристики остекления.

В конце этапа С1 масса СК превышала заданную (125 кг) на 10%, но были определены варианты модификации с целью уменьшения массы.

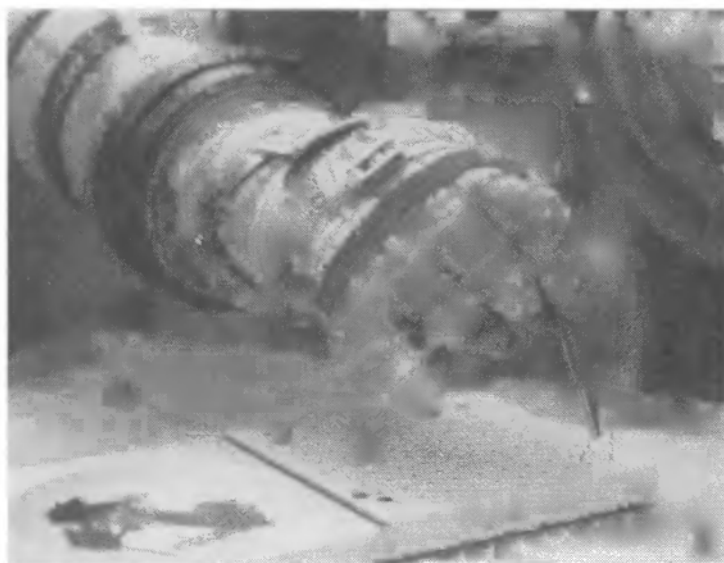


Рис. 11.1-7. Макет перчатки (Аэрозюр)

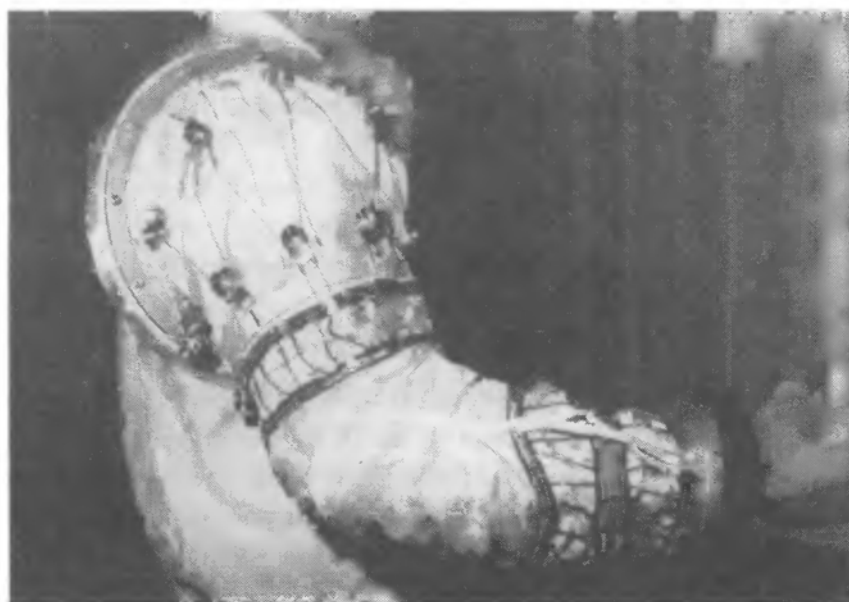


Рис. 11.1-8. Макет локтевого шарнира (Зодиак, Испания)

Работа по этапу C1 привела к созданию усовершенствованной концепции ESSS для следующего этапа работы (C/Д), начало которого было запланировано на 1992 г.

На конференции министров ESA в Мюнхене в конце 1991 г, рассматривался вопрос об автономности программ *Колумбуса* и *Гермеса*, В связи с этим этап C1 для ESSS был продлен на 1992 год, а затем и на 1993 год. Таким образом, работа по проектированию была неспеша продолжена, а изготовление макетов было расширено и завершено в ожидании решения по программе *Гермес*.

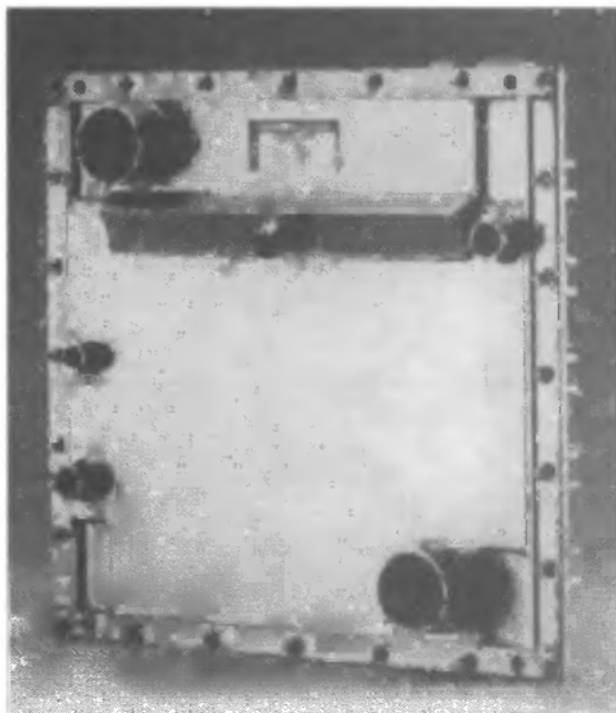


Рис. 11.1-9. Макет сублиматора (Норд-микро, Германия)

11.2. Разработка концепции совместного скафандра EVA-2000

С увеличивающейся сложностью и продлением сроков работы по автономному сценарию *Колумбус/Гермес* в ESA начались поиски пути для спасения программы ESSS, осуществление которой стало практически невозможным. На вышеупомянутой конференции министров ESA в Мюнхене было решено о более тесном сотрудничестве с Российской Федерацией, в частности по программе *Гермес*.

По российской космической программе ВКД осуществлялась со станции *Мир* в полужестком скафандре типа ОРЛАН, разработанным в 1970-е годы, который затем подвергся нескольким модификациям для обеспечения проведения «выходов» из ОС *Салют* и *Мир*. Последняя модификация относилась к 1988 г., когда скафандр был доработан с целью обеспечения работы в автономном режиме. В начале 90-х годов российские специалисты по скафандру занимались разработкой нового скафандра, отвечающего требованиям будущих объектов *Буран* и *Мир-2*.

Прошедшие два года тесного сотрудничества Звезды с Дорнье/ДАСА привели к тому, что последнее предложило ESA провести анализ и исследовать возможность совместной разработки европейско/российского скафандра, так как проводимые ими работы имели много общего.

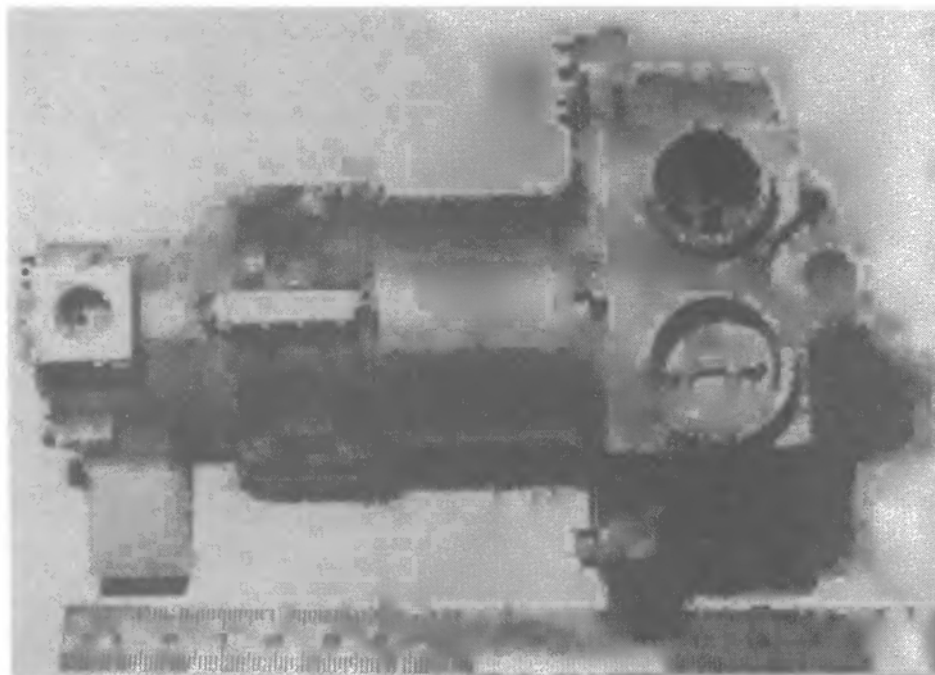


Рис. 11.1-10. Макет блока вентилятор/насос/сепаратор

В начале 1992 г. Европейское космическое агентство (ESA) и только что созданное Российское космическое агентство (РКА), учитывая близость концепций скафандров, разрабатываемых в Европе и России, договорились о проведении анализа требований и исследовании возможности разработки совместного скафандра нового поколения под условным названием EVA-2000 (рис. 11.2-1). Такое исследование было проведено в 1992 г Дорнье/ДАСА и Звездой с фирмами Дассо и Лабен, выступавшими в качестве субподрядчиков. В случае признания совместной разработки осуществимой, новый скафандр заменил бы скафандр ESSS и был бы впервые применен на орбитальной станции *Мир-2* на смене столетий.

Было согласовано, что новый скафандр должен соответствовать как требованиям ESA применительно к ЛА *Гермес* и *Колумбус*, так и российским требованиям к СК для *Бурана* и ОС *Мир*. По сравнению с требованиями к ESSS в новые требования был внесен ряд изменений. В частности, принято более низкое давление в скафандре (420 гПа вместо 500 гПа в ESSS), размеры скафандра должны были позволять проходу космонавта через люк корабля диаметром 800 мм (вместо 900 мм для ESSS) и т. д.

Скафандр предполагалось изготавливать в 2-х вариантах: для наземного базирования (для коротких полетов) и орбитального базирования (для длительных полетов). Срок службы скафандров предполагался: для коротких полетов 15 лет и 35 выходов, для длительных полетов 5–7 лет и 25 выходов.

Как и в конструкции ESSS оболочка EVA-2000 имела поясной шарнир. По сравнению с конструкцией ESSS, оболочка EVA-2000 могла обходиться без

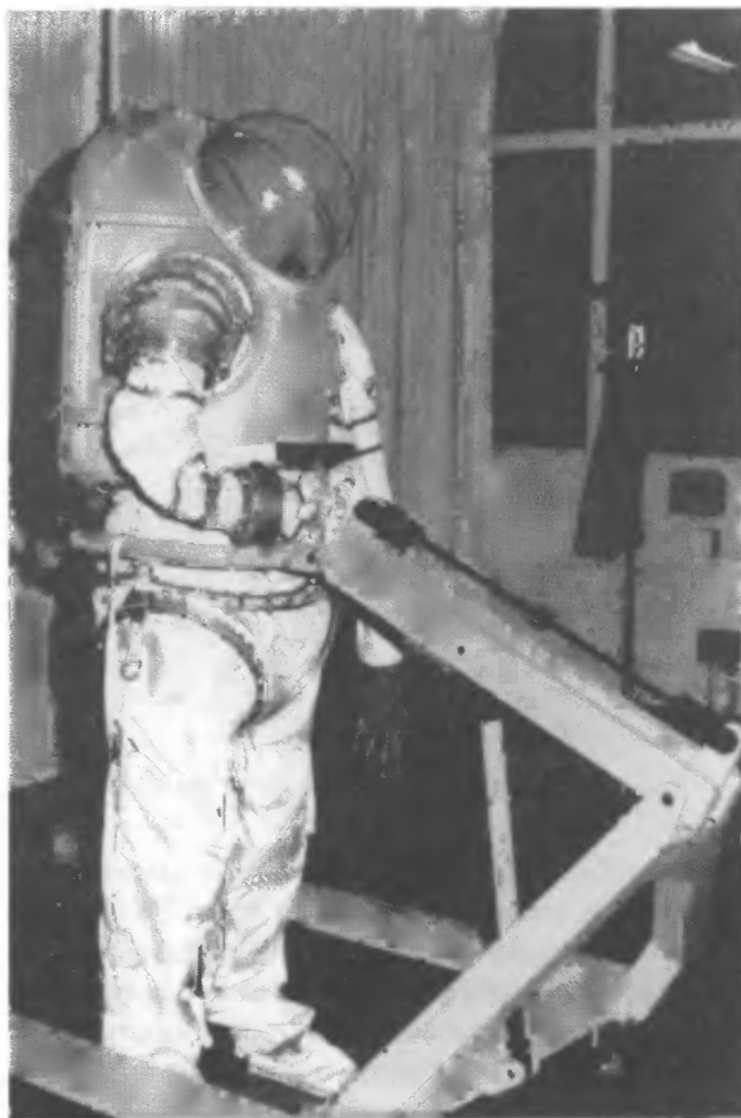


Рис. 11.1-11. Демонстрационный макет скафандра ESSS (Дассо, Франция)

гофрированного плечевого шарнира и подшипников на бедрах из-за более низкого давления в скафандре. Отказ от гофрированного плечевого шарнира также был необходим для того, чтобы соответствовать требованию к проходу через аварийный люк при данном антропометрическом диапазоне членов экипажа. Вместо бедренных был введен голеностопный подшипник для обеспечения поворотов в скафандре при закрепленных ногах (в «якоре»). Подгонка по росту операторов была достигнута посредством регулировки длины продольных силовых лент на нижней части корпуса, бедрах и голених. Жесткая верхняя часть туловища была одного размера, а увеличение длины позвоночника оператора вследствие невесомости компенсировалось при подгонке длины СК путем создания необходимых зазоров между телом и оболочкой в паху, в шлеме и в проемах рукавов. Эти изменения в конструкции умень-

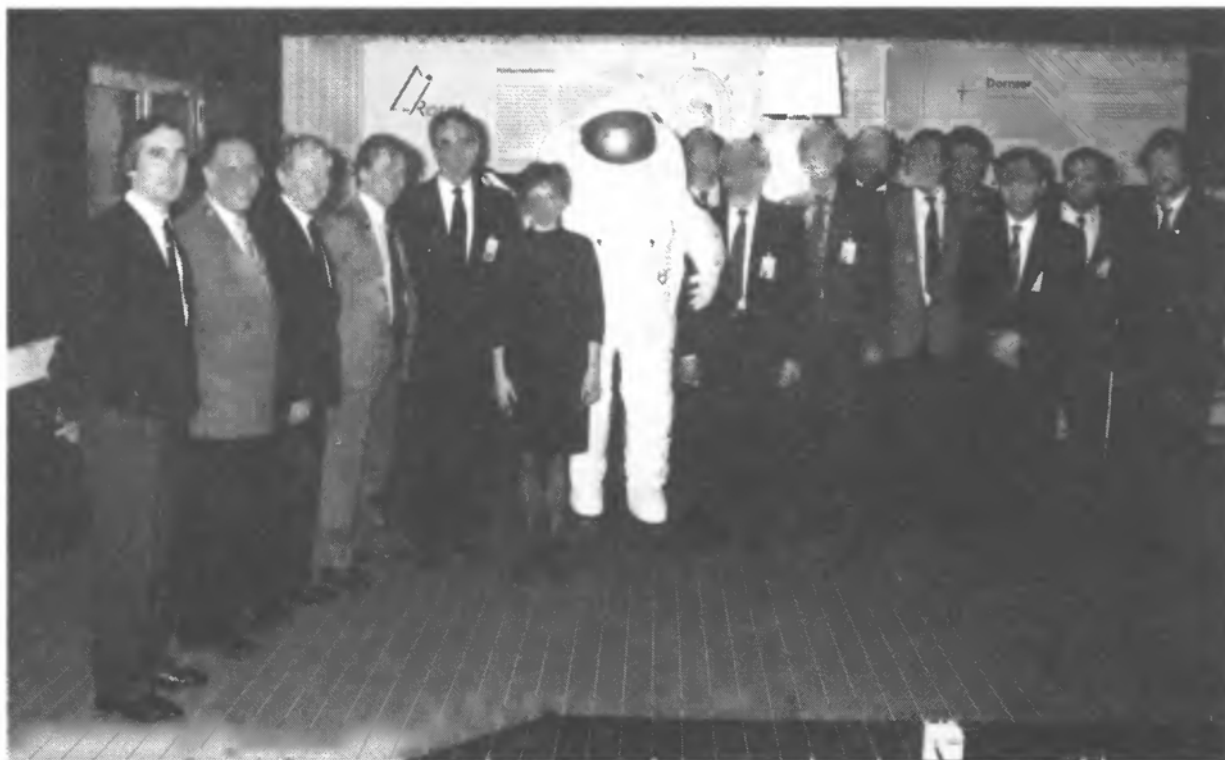


Рис. 11.2-1. Рабочая встреча группы участников исследования по очередному этапу проекта скафандра EVA-2000 14 апреля 1992 г. на Дорнье во Фридрихсгафене.

Слева направо: Д. Хернандес (ESA), А. Акченси (ESA, менеджер проекта), В. Сверщик (Звезда), А. Текеттл (ESA, менеджер программы), Г. Северин (Звезда, Генеральный директор), Е. Игнатова (Звезда, переводчик), Е. Кюнле (Дорнье), Б. Михайлов (Звезда), И. Абрамов (Звезда, менеджер проекта), А. И. Скуг (менеджер проекта), К. Фаленбок (Дорнье), Т. Кляйнбуб (переводчик) Р. Шарипов (Звезда), Р. Хаузе, Н. Хербер (оба Дорнье)

шили общую массу до более низкой, чем указано в требованиях. Система жизнеобеспечения, электрическое оборудование и оборудование связи были встроены в ранцевую систему и нагрудный ранец. СОЖ была разработана по схеме, близкой к схеме СОЖ скафандра ОРЛАН-ДМА с введением в нее ряда дублирующих элементов. При компоновке ранцевой системы были рассмотрены две альтернативы (рис. 11.2-2) для последующего окончательного выбора. В ранцевой системе электрическая и кислородная аппаратура высокого давления были расположены в негерметичных отсеках, а аппаратура вентиляции, регенерации газа и водяного охлаждения — в герметичных, что ближе к концепции скафандра ОРЛАН-ДМА, чем ESSS, где вся система жизнеобеспечения, включая электроагрегаты, была расположена в негерметичном ранце. Схема размещения электрических элементов EVA-2000 (рис. 11.2-3) соответствовала схеме ESSS.

Требования к сохранению работоспособности при отказе отдельных частей обеспечивались путем дублирования: в оболочке скафандра — двойная

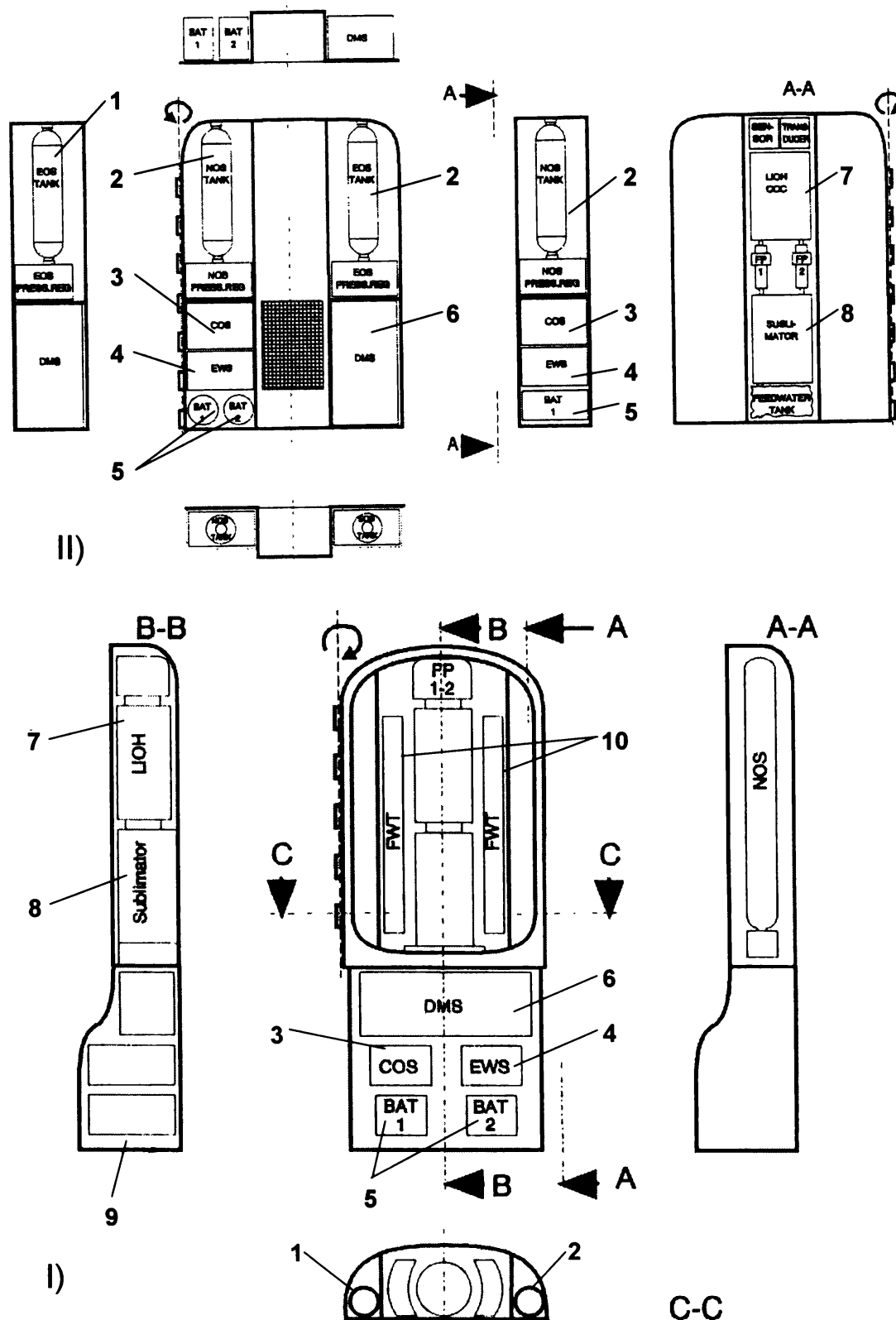


Рис. 11.2-2. Варианты компоновки (I, II): 1, 2 — баллоны с основным и резервным запасом кислорода; 3 — система радиосвязи; 4 — система аварийной и предупредительной сигнализации; 5 — батареи; 6 — электронные блоки системы управления; 7 — поглотитель CO₂; 8 — сублиматор; 9 — негерметичный автономный блок; 10 — система питающей воды

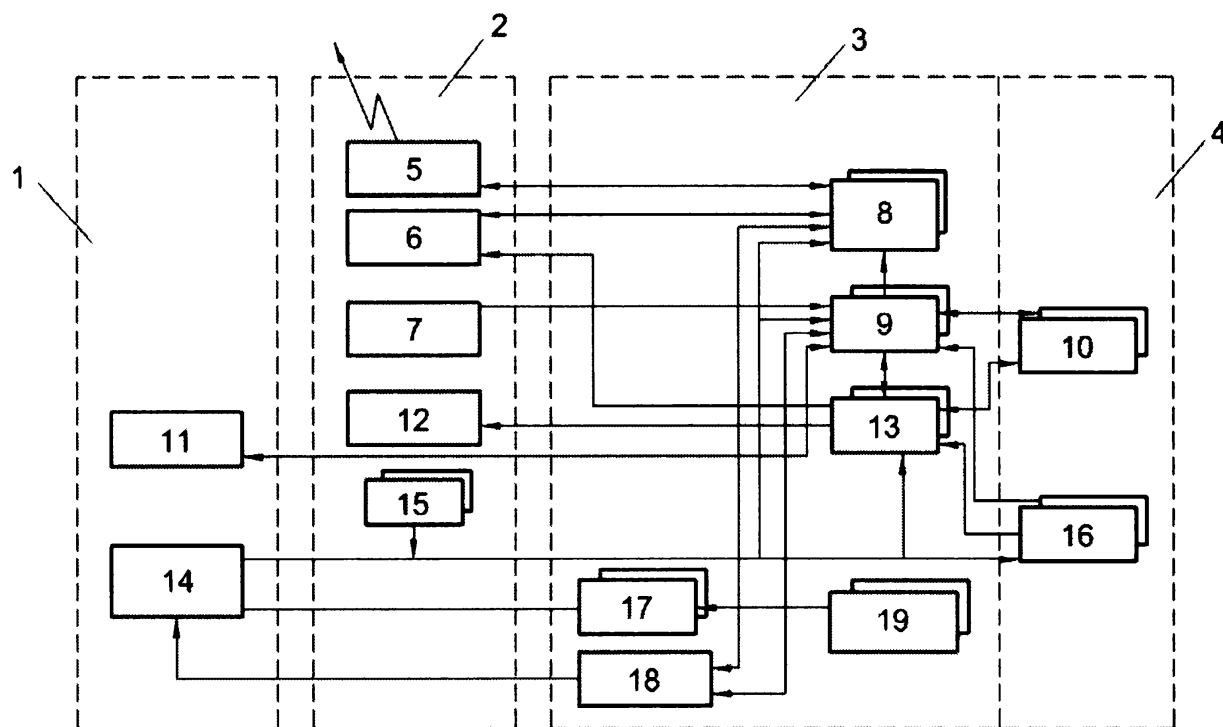


Рис. 11.2-3. Конфигурация электрооборудования скафандра EVA-2000: 1 — пульт скафандра; 2 — оболочка СК; 3 — негерметичная часть ранца; 4 — герметичная часть ранца; 5 — антенна; 6 — шлемофон; 7 — биомедицинские датчики; 8 — система радиосвязи; 9 — блок системы управления; 10 — датчики СОЖ; 11 — дисплей; 12 — индикация аварийно-предупредительная; 13 — система аварийной и предупредительной сигнализации; 14 — органы ручного управления; 15 — светильник; 16 — электроприводы агрегатов СОЖ; 17 — блоки защиты; 18 — электроразъем СК/электрофал; 19 — батарея

гермооболочка, двойной смотровой щиток, двойные гермоуплотнения для двери и гермоподшипников, наличие гермоманжет на случай повреждения перчаток; в системе жизнеобеспечения - дублированные вентилятор, насос, регулятор давления, подсистема снабжения кислородом, фильтр питающей воды, датчик CO_2 и сборник влаги; в электрическом оборудовании — батареи, линии подачи электропитания, аварийная сигнализация).

Расчетная масса системы EVA-2000 (без блока стыковки с бортовыми системами) составила 121,7 кг и общий расход энергии был оценен в 69 ватт. Масса оболочки скафандра составила 27,2 кг, подсистемы жизнеобеспечения 57,6 кг, электрической подсистемы и подсистемы связи 28,3 кг и расходуемых материалов 8,6 кг.

Вариант СК с наземным базированием предусматривал использование заменяемых патронов с LiOH для удаления CO_2 , непerezаряжающихся батарей и сменных блоков для кислорода. Были проведены дальнейшие технологические усовершенствования для перчатки, объединенных

вентилятора/насоса и батареи. В варианте СК для продолжительного полета предполагалось использовать передовые технологии по удалению CO_2 с помощью окиси металла, сублиматор/теплообменник со способностью аккумуляции тепла и перезаряжающиеся литиевые батареи.

После решений, принятых на конференции министров ESA, которая проходила в Гранаде в конце 1992 г. и результатов переговоров ESA/РКА относительно будущего сотрудничества по скафандру, разработка концепции EVA-2000 в начале 1993 г. была завершена.

11.3. Российско-европейский скафандр СК ВКД-2000

В 1993 г. когда проект по европейскому космическому самолету *Гермес* был приостановлен, а назначение программы *Колумбус* в связи с началом разработки *МКС* изменилось (для нее уже не требовался скафандр для ВКД), проект ESSS оказался под угрозой срыва. Российская программа по *Бурану* также была закрыта. Тогда ESA и РКА решили совместно разрабатывать скафандр нового поколения под названием СК ВКД-2000 (для использования его лишь на проектируемой ОС *Мир-2*). Осуществимость такого проекта была подтверждена проведенным ранее исследованием EVA-2000. Скафандр СК ВКД-2000 должен был разрабатываться совместно Дорнье и Звездой в качестве головных подрядчиков, с финансовой поддержкой как со стороны ESA, так и РКА.

Предполагалось, что этот проект заменит в Европе работу по системе ESSS, а разработанное по этому проекту оборудование будет использовано при создании СК ВКД-2000.

В декабре 1993 г. Российская Федерация присоединилась к программе Международной космической станции в качестве полноправного партнера, и как следствие, программа *Мир-2* была прекращена, а находящиеся в процессе разработки элементы для нее были переориентированы на использование для российского сегмента *МКС*.

На Совете ESA по пилотируемой космической программе в 1994 г. констатировалось, что:

- «проект СК ВКД-2000 действительно может стать совместной разработкой с комплектами изделий и работ, поделенными между европейской и российской промышленностью под совместным руководством ESA и РКА, каждое из которых финансирует свою собственную деятельность;
- России необходим новый скафандр для этапа сборки российской части *МКС* к апрелю 1998;
- принимая во внимание обслуживание единственной станции (*МКС*), была исследована возможность создания единого скафандра; результатом данных исследований стало соглашение между представителями ESA, РКА и НАСА (и соответствующими промышленными генеральными субподрядчиками) о том, что скафандр СК ВКД-2000 ста-



Рис. 11.3-1. Встреча представителей ESA, РКА, НАСА и промышленности в РКА (в Москве) 10 февраля 1994 г. Сидят слева направо: Б. Кэрби, Д. Фаша, Ф. Моррис (все Гамильтон Стандарт), В. Сверщик (Звезда, стоит), С.М. МакКаллоуг и К. Хадкинс (оба НАСА), В. Разгулин (Энергия), Г. Северин, И. Абрамов, Г. Рыков (все Звезда), С. Черников (РКА), А. Текеттл, А. Акченси, Д. Изаакйт (все ESA), А.И. Скуг, Р. Шефер (оба Дорнье)

нет основным скафандром для российского вклада в станцию и может стать основой при создании будущих взаимозаменяемых систем».

Процитированное выше соглашение ESA, РКА, НАСА было подписано всеми сторонами на встрече в РКА, прошедшей в Москве 10 февраля 1994 г. (рис. 11.3-1). Данное соглашение агентств последовало за предложением промышленности/агентств по возможности обеспечения взаимозаменяемости скафандров для ВКД [Скуг, Мак-Баррон, Северин, 1995].

Программа по разработке Скафандра СК ВКД-2000 была разделена на две части. Первая часть охватывала первые два года исследований технических требований и работ по предварительной разработке, включая успешное завершение этапа предварительного обзора конструкции (так называемого этапа PDR по терминологии западных стран). Основой для работы служили требования к совместному ESA/РКА скафандру для ВКД (HS-RQ-EV-001-ESA/РКА) и предварительная концепция, определенная при исследовании EVA-2000. Звезда и Дорнье/ДАСА действовали совместно с рядом европейских компаний, выступавших в качестве субподрядчиков (рис. 11.3-2). Ответственной за подсистему оболочки скафандра была компания Сабка (Бельгия), подсистему электронного оборудования — Лабен (Италия), подсистему питания — Сигнал (Нидерланды). Звезда несла ответственность за подсистему жизнеобеспечения, разработку мягких частей оболочки скафандра, а также являлась разработчиком системы в целом.

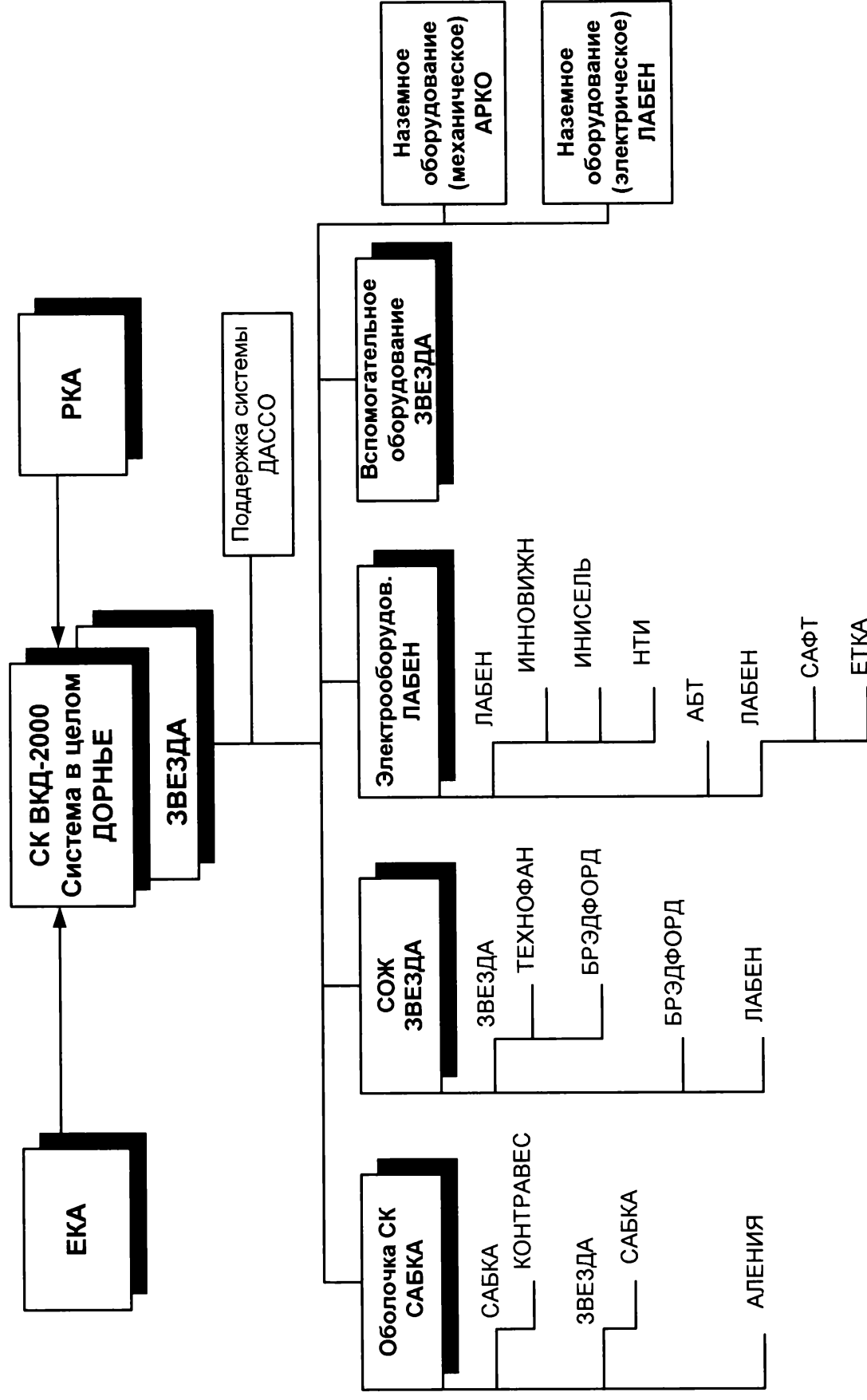


Рис. 11.3-2. Один из вариантов структуры организации работы по СК ВКД-2000



Рис. 11.3-3. Первоначальный прототип скафандра СК ВКД-2000, изготовленный Звездой для оценки рукавов и входа в скафандр

Требования к системе были теми же, что и для EVA-2000, за исключением того, что сценарий использования скафандра был вскоре сведен лишь к варианту орбитального базирования. По этому сценарию, скафандр остается на борту космической станции в течение приблизительно 4-х лет, обеспечивая вплоть до 30 выходов, затем возвращается на Землю для технического обслуживания, включая замену деталей с ограниченным сроком службы и далее транспортируется обратно на орбиту для эксплуатации в течение 10 лет. Кроме того, был уменьшен антропометрический диапазон размеров

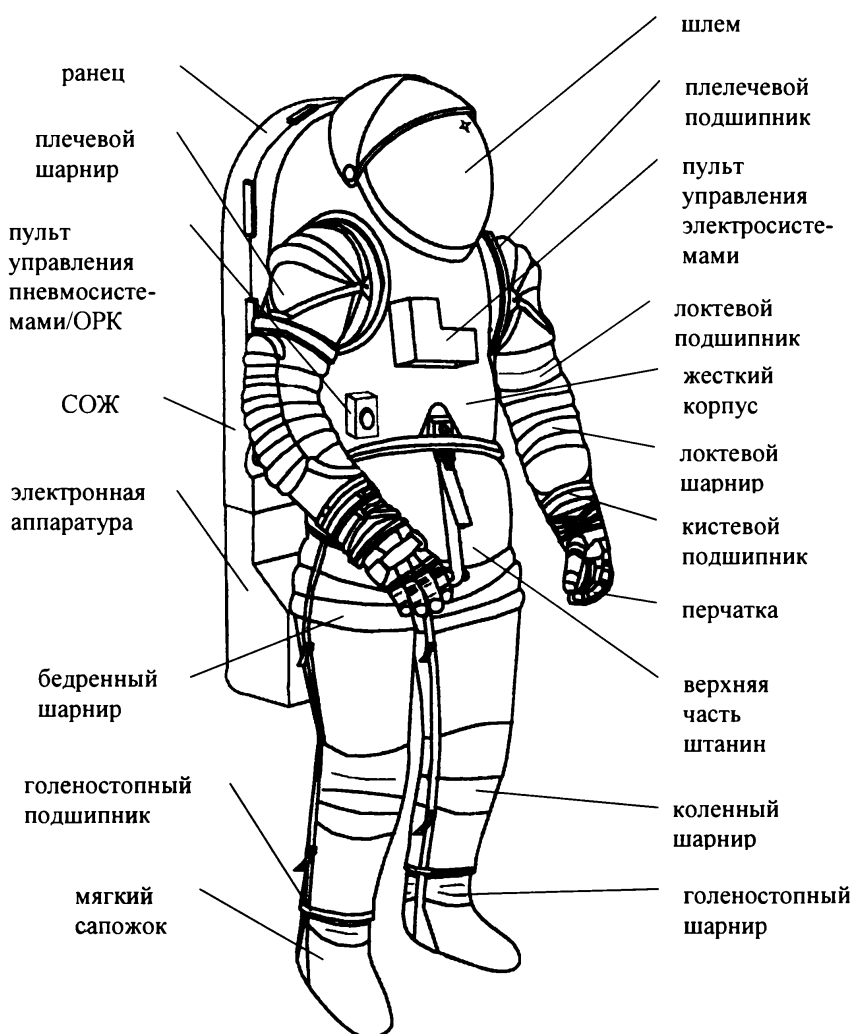


Рис. 11.3-4. Конфигурация скафандра СК ВКД-2000

экипажей по росту до максимум 185 см, причем другие требования остались неизменными.

К лету 1993 г. НПП Звезда завершила изготовление модели скафандра с одностепенным («плоским») плечевым шарниром и локтевым подшипником для эргономических испытаний. Этот образец (рис. 11.3-3), насколько это было возможно, был основан на компонентах оболочки скафандра ОРЛАН-ДМА. Одно главное изменение касалось формы верхней жесткой части туловища. Чтобы способствовать лучшему входу в условиях невесомости и увеличить подвижность в поясе, нижний обрез жесткого корпуса был немного наклонен вверх с лицевой стороны, а дверь наспинного входа сдвинута вверх на 5 см. Этот образец помог проверить новую форму корпуса, улучшающую подвижность, которая затем частично была воплощена в конфигурации скафандра СК ВКД-2000.

В скафандре СК ВКД-2000 также использовался принцип входа в СК через наспинный люк с дверью-ранцем, который располагался на верхней жесткой части туловища. Дисплеи и блоки управления были встроены в нагрудный ранец.

Оболочка скафандра СК ВКД-2000 (рис. 11.3-4) в отличие от EVA-2000 не имела поясного шарнира. Схема СОЖ скафандра показана на рис. 11.3-5. Батареи и оборудование связи размещались в нижнем негерметичном отсеке ранца (подобно конфигурации ОРЛАН-ДМА). Комплект СК ВКД-2000 состоял из двух скафандров и бортового оборудования, которое обеспечивало интерфейсы со станцией. В комплект входило также необходимое оборудование для технического обслуживания и проверки скафандров. Следуя философии орбитального базирования, бортовое вспомогательное оборудование обеспечивало все функции, необходимые во время операций шлюзования. Кислород, батарея и запас охлаждающей воды перезаряжались, а патроны удаления CO_2 с окисью металла регенерировались с помощью специального бортового оборудования. В случае, если на борту не обеспечивалась регенерация или перезарядка, конструкция скафандра обеспечивала возможность замены этих компонентов на орбите на неподзаряжаемые.

Таблица 11.2. Основные характеристики скафандра СК ВКД-2000 по состоянию на декабрь 1994 г.

Эргономичность	Рост от 165 до 185 см; Поле обзора $\pm 120^\circ$ в горизонтальном направлении, 90° вверх, 70° вниз; Доступность информации и управления скафандром; Ловкость/тактильная чувствительность $>50\%$ чем способность руки без перчатки
Подвижность	Умеренные физические усилия (мягкие шарниры, герметичные подшипники)
Защита	Тепловая; от ультрафиолетового излучения; от опасности ионизирующего облучения, механических поврежде- ний; от метеоритов (вероятность проникновения $<0,005$)
Одевание/снятие	Осуществляется одним членом экипажа, вход сзади
Хранение и подача кислорода	Чистый кислород; 0,74 кг O_2 для 1 выхода; 1,3 кг O_2 для 30 мин. аварийного возврата
Величина давления в скафандре	Номинальное 420 гПа; в аварийных случаях ≤ 420 гПа
Восстановление атмосферы	Удаление CO_2 и микропримесей (патрон с регенерируемой оки- сью металла; дублирование патроном с LiOH); Влажность 25-70%; вентиляция скафандра; продувка от азота
Регулирование температуры	Отвод выделяемого тепла (до 950 Вт); регулируемые условия создания комфорта
Обеспечение комфорта члена экипажа	0,51 л питьевой воды; гигиенические плавки

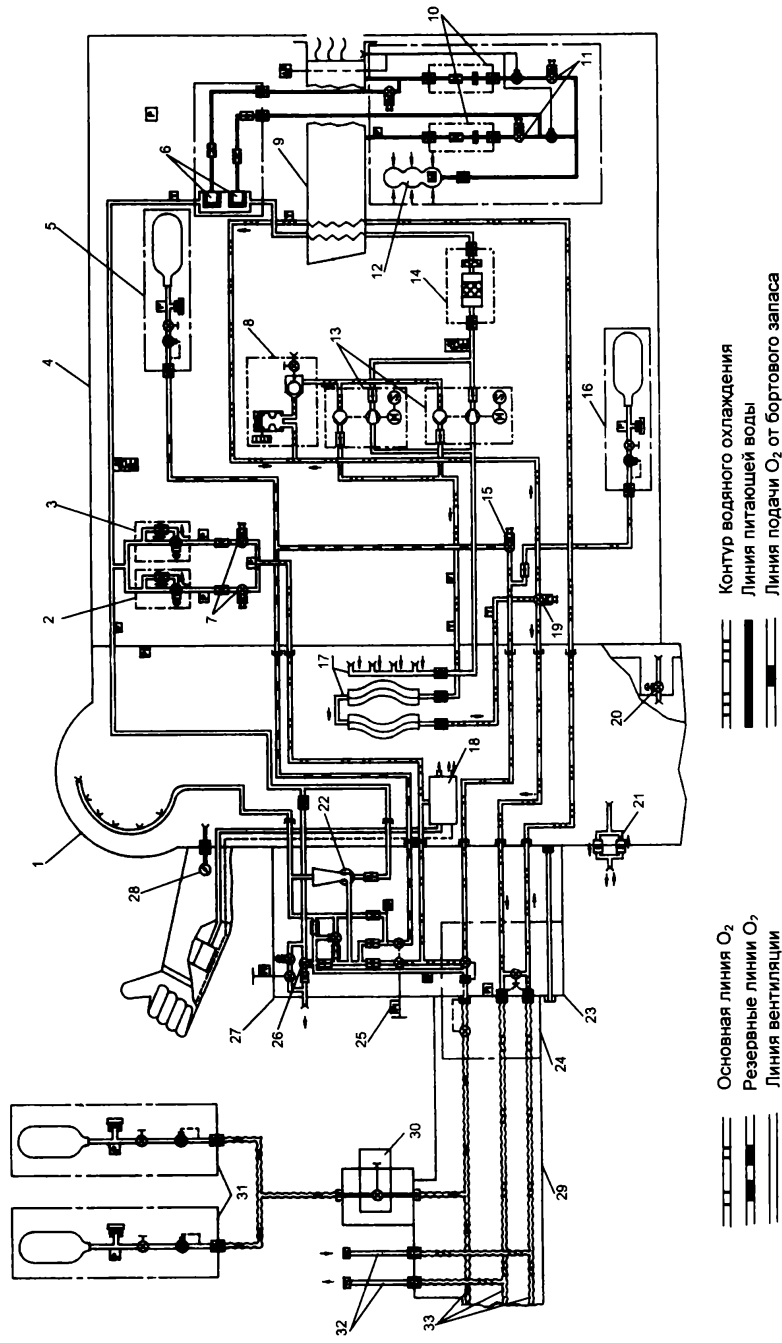


Рис. 11.3-5. Схема СОЖ скафандра СК ВКД-2000: 1 — скафандр; 2, 3 — основной и резервный регуляторы давления в скафандре; 4 — наспинный ранец; 5 — резервный кислородный баллон; 6 — сепаратор влаги; 7 — электромагнитный запорный кран; 8 — гидроаккумулятор с сепаратором; 9 — теплообменник; 10 — ограничитель расхода; 11 — электромагнитный клапан линии питающей воды; 12 — баллон с охлаждающей водой; 13 — основной и резервный блок вентилятора/насос; 14 — патрон поглощения углекислоты; 15 — клапан включения аварийной подачи кислорода; 16 — основной кислородный баллон; 17 — костюм водяного охлаждения; 18 — блок герметизации манжет; 19 — клапан регулирования температуры воды; 20 — клапан включения в работу резервной оболочки скафандра; 21 — предохранительный клапан; 22 — инжектор; 23, 24 — объединенный разъем коммуникаций (скафандровая и бортовая часть); 25 — ручка управления включением инжектора и аварийной подачи кислорода; 26 — клапан сброса; 27 — пулг пневмоуправления; 28 — манометр; 29 — жгут шлангов; 30 — кран включения подачи кислорода; 31 — бортовой запас кислорода; 32 — к бортовому теплообменнику; 33 — ко 2-му скафандру

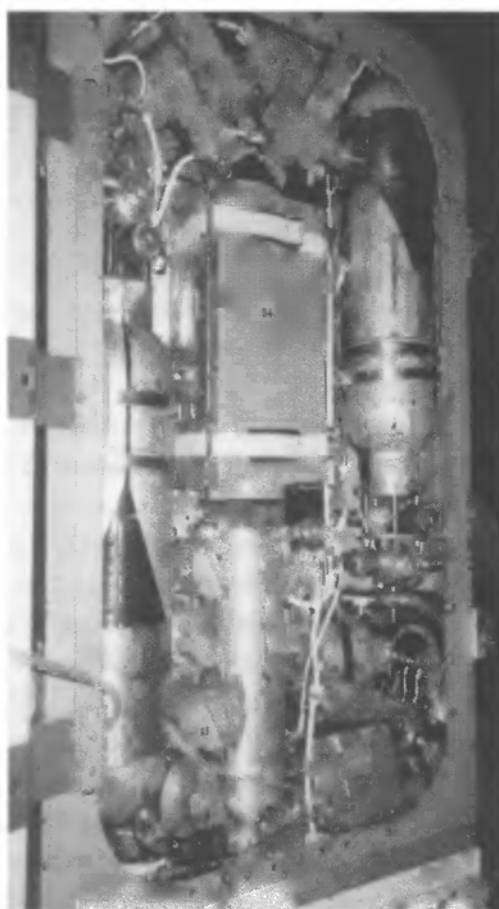
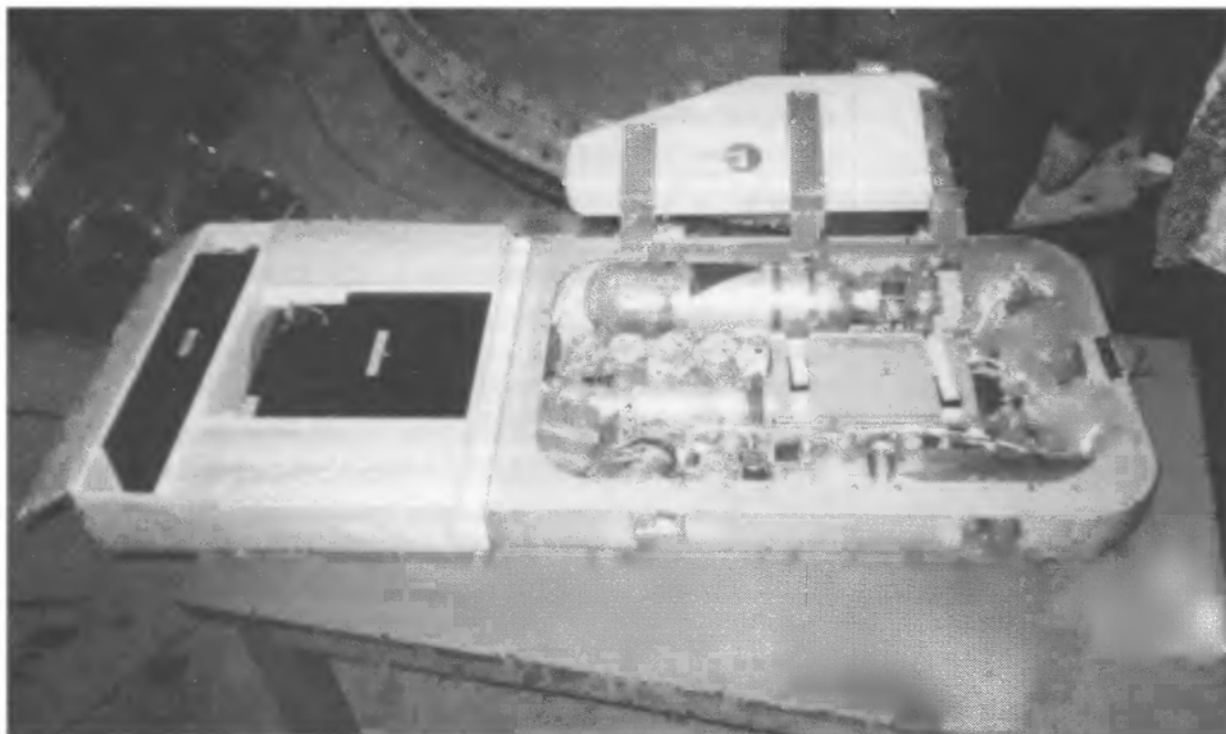


Рис. 11.3-6. Макет ранца

Продолжение табл. 11.2

Информация	Определение отказов; предупредительная информация; данные о работе системы; данные о запасах; радиотелеметрические данные; биомедицинские данные
Наблюдение за здоровьем экипажа	Активное наблюдение за важными биомедицинскими функциями (электрокардиограмма, температура тела, частота дыхания)
Информационный дисплей	Жидкокристаллический дисплей в нагрудном ранце
Связь	3 режима связи TDMA; Диапазон ном/дублирующей частоты: 400–420 МГц; Передача данных 2 килобит/сек; голос 32 килобит
Энергоснабжение	Перезаряжаемые батареи типа LiC; 2×15А·ч при 29 В в среднем на 1 выход
Распределение энергии	Нерегулируемая шина электропитания 28 В постоянного тока +/-4 В
Бортовая поддержка	Эл. питание, кислород, охлаждающая вода для операций перед/после ВКД через жгут шлангов; бортовое оборудование для технического обслуживания
Допуск на отказ в работе	Сохранение безопасности и работоспособности при отказе отдельных элементов (за счет использования дублирующего оборудования)
Предостережение и предупреждение	Независимая функция предупреждения об аварийной ситуации; функция предостережения в подсистеме обработки данных
Обнаружение отказов	Комбинированный подход
Проверка системы	Полуавтоматическое отключение по данным подсистемы обработки данных
Техническое обслуживание	Техническое обслуживание на орбите путем замены сменных элементов. Наземное техническое обслуживание после каждых 30 выходов или максимум через 4 года

Изготовление макета ранцевой системы (рис. 11.3-6) и эргономической модели оболочки скафандра (рис. 11.3-7) было завершено в сентябре 1994 г., и их испытания прошли в ноябре-декабре 1994 г. на фирме Сабка. Макет ранцевой системы был изготовлен в качестве модели для комплексных испытаний и проверки технического обслуживания на Звезде, а затем был отправлен на Дорнье и Сабку для использования в испытаниях эргономической модели.

Эргономическая модель скафандра для ВКД-2000 состояла из верхней части туловища, изготовленной на Сабке из композиционного материала с металлической задней дверью, шлема из поликарбоната компании Контравес (Швейцария), рукавов, перчаток и штанин, изготовленных на Звезде, и нагрудного ранца, произведенного Дорнье. Мягкие части оболочки и гермоподшипники Звезды были переделаны из соответствующих узлов ОРЛАН-ДМА. При давлении в скафандре 400 гПа были проведены следующие испытания: оценка одевания/снятия, определение размеров, оценка подвижности,

определение зоны досягаемости, определение поля обзора, оценка удобства работы с пультом управления и крышкой двери (рис. 11.3-8). Конструкция испытательного стенда и принятая методика испытаний позволили избежать влияния земной гравитации на результаты оценки по большинству основных характеристик скафандра. Лишь одно значительное ограничение было связано с подвижностью ног.

При испытаниях эргономической модели скафандра для СК ВКД-2000 были проверены и подтверждены его основные проектные параметры.

Проведение второго этапа испытаний эргономической модели было запланировано на Звезде, причем рукава и оболочка ног должны были полностью соответствовать конструкции СК ВКД-2000.

К осени 1994 г. была завершена не только разработка технической концепции конструкции, но также и вся работа по программе, необходимая для начала следующего этапа работ.

Однако в связи с тем, что ESA по просьбе РКА форсировало более срочные работы для МКС (манипулятор и система обработки информации), возможности дальнейшего финансирования программы по СК ВКД-2000 у ESA были исчерпаны, что воспрепятствовало дальнейшей работе по проекту.

Совет ESA по программе пилотируемых КЛА на заседании 14–15 сентября 1994 г. направил всем участникам работы извещение о прекращении работ по ВКД. Со стороны Дорнье и Звезды были сделаны попытки «заморозить» проект до следующей конференции министров ESA в 1995 г., однако эти предложения не были приняты. Окончательное договорное заседание в связи с прекращением работ прошло в Дорнье/ДАСА во Фридрихсгафене в декабре 1994 г. Было подсчитано, что ESA, национальные агентства и предприятия уже затратили свыше 50 млн. Евро, когда к концу 1994 г. работы по ВКД были прекращены.

Полный комплект документов, выпущенных в соответствии с ранее согласованными контрактными требованиями, был отправлен в ESA. Все изготовленное оборудование, включая эргономическую модель, было передано в ЭСТЕК. Позднее, эргономическая модель была помещена в музей ЭСТЕК в Нордвике.

С конца 1994 г. в Западной Европе не проводилось никаких работ по скафандру. Однако некоторые особенности конструкции, совместно разработанные для СК ВКД-2000 в 1993–94 гг. были позднее частично использованы Звездой при модификации СК ОРЛАН-ДМА в ОРЛАН-М сначала для ОС *Мир* (в 1997 г.), а затем для МКС (см. главу 8).

От прекращения работ по СК ВКД-2000 в какой-то мере пострадали и начинания, связанные с созданием единого скафандра для работы на МКС. Американский СК EMU и российский СК ОРЛАН-М, хотя и имеют близкие выходные характеристики, остались весьма различными по конструктивному исполнению и интерфейсам с бортовыми системами станции.

Однако, впоследствии Российская сторона все же модифицировала интерфейсы ОРЛАН-М/МКС таким образом, чтобы ОРЛАН-М мог

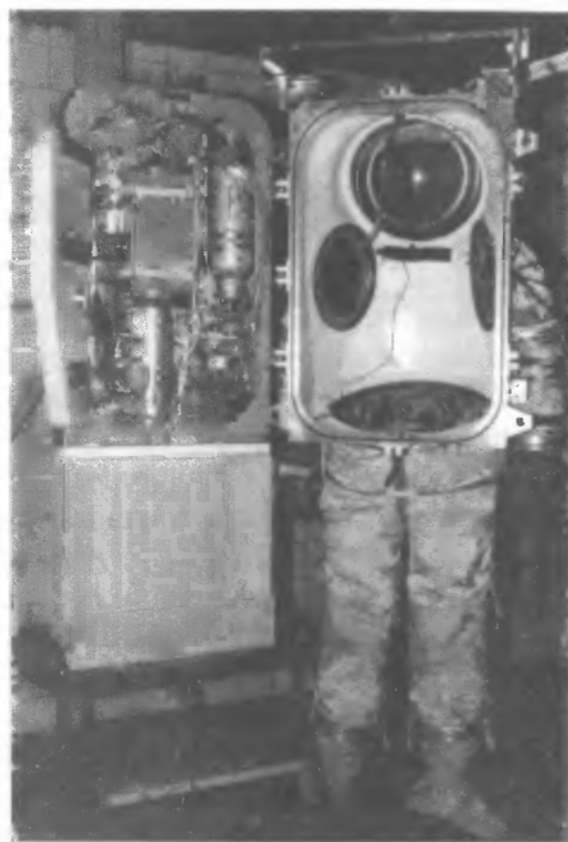
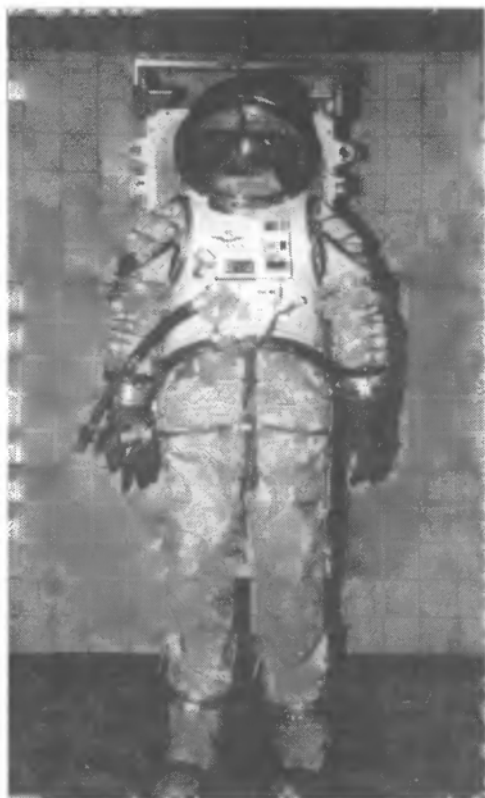


Рис. 11.3-7. Эргономическая модель оболочки скафандра СК ВКД-2000



Рис. 11.3-8. Испытания эргономической модели скафандра на Сабке в ноябре 1994 г.

использоваться не только в российском шлюзе, но также в общем шлюзе американского сегмента наряду с ЕМУ (при условии установки в шлюзе бортовых элементов, разработанных Звездой, см. главу 8). Для ЕМУ такое двойное использование было невозможно.

Совместными работами по проектам EVA-2000 и СК ВКД-2000 непосредственно руководили: от Дорнье — А.И. Скуг (один из главных инициаторов и организаторов этой работы), затем П. Лаутенбах и Р. Шефер, от Звезды — И. Абрамов. Активное участие в ней принимали также от РКА — С. Черников и от ESA А. Текеттл и А. Акченси.

Физиологические аспекты конструирования скафандров для внекорабельной деятельности

Полная непригодность условий открытого космического пространства для жизни человека выдвигает перед конструкцией скафандра для ВКД широкий набор требований по поддержанию автономной среды обитания и необходимого уровня работоспособности космонавта.

12.1. Давление и состав атмосферы скафандра

Прежде всего в это понятие входит барометрическое давление и газовый состав атмосферы скафандра. Понятно, что оба эти вопроса взаимосвязаны между собой, и их конкретные параметры определяются с одной стороны необходимостью поддержания газообмена человека с окружающей средой и, с другой стороны, недопущением влияния на организм человека окружающего вакуума как такового. Это влияние может вызывать следующие явления, например:

- дисбаризм — расширение газов в частично или полностью закрытых полостях и органах при быстром понижении давления;
- эмфизему в отдельных органах и тканях — эбулизм («закипание»);
- переход растворенных газов в газообразное состояние и последующие болевые ощущения, возможность нарушения функционирования жизненно важных органов за счет газовой эмболии — высотная декомпрессионная болезнь — ВДБ).

Барометрическое давление в скафандре, определяемое выбранной величиной рабочего давления в нем, является одним из важнейших параметров при оптимизации конструкции оболочки СК и автономной системы обеспечения жизнедеятельности космонавта. Наилучшим вариантом с физиологической точки зрения было бы поддержание в скафандре того же давления, что и в кабине космического корабля. Однако в связи с применением в кабинах современных космических кораблей и орбитальных станций «земной» атмосферы, применять в скафандре рабочее давление, соответствующее этой атмосфере, технически сложно и нецелесообразно. Для сохранения подвижности космонавта, одетого в СК, и улучшения ряда характеристик СОЖ выгодно иметь в скафандре минимальное избыточное давление, определяемое потребностями

* Данный раздел написан Начальником отдела авиакосмической медицины НПП Звезда профессором А. С. Барером.

человека в кислороде. Однако, применение такого давления, как будет показано ниже, увеличивает риск появления ВДБ. Поэтому при выборе давления в СК принимается компромиссное решение, учитывающее как потребности космонавта, так и целесообразность реализации тех или иных технических решений, используемых в конструкции СК.

Известно, что основной движущей силой, обеспечивающей движение кислорода в организме человека, является разница его парциального давления на всем пути следования. Поддержание газообмена в легких и, прежде всего, необходимого для насыщения организма кислородом парциального давления O_2 (PAO_2) в альвеолах легких на уровне близком к земному ($PAO_2 = 137\text{--}147$ гПа) возможно лишь в случае сохранения барометрического давления моногазовой, кислородной среды скафандра на значениях не ниже 253–267 гПа. Впервые ориентировочный расчет PAO_2 в зависимости от барометрического давления был сделан в 1880 г. выдающимся русским физиологом И. М. Сеченовым, анализировавшим гибель французских астронавтов на воздушном шаре *Зенит* на высоте 8600 м. В настоящее время PAO_2 определяется по формуле:

$$PAO_2 = (B - PH_2O)C - PACO_2 \left(1 - C \cdot \frac{1 - F}{F} \right),$$

где B — барометрическое давление; PH_2O — парциальное давление водяных паров в легких, которое при температуре тела 37°C составляет 47 мм рт. т.; $PACO_2$ — парциальное давление углекислого газа в альвеолах; C — процент содержания O_2 в окружающем газе; F — дыхательный коэффициент.

С целью сведения к минимуму неблагоприятных эффектов (декомпрессионная болезнь и др.) в разработках фирмы Звезда барометрическое давление в скафандрах принято в пределах $\sim 360\text{--}400$ гПа. Решение о такой величине рабочего давления в СК было принято в 1964 году, когда Звезда приступила к разработке реального скафандра для первого выхода человека в космос. Этому решению предшествовало проведение большого объема исследований и испытаний с участием добровольцев.

При выбранной величине давления в СК парциальное давление кислорода в альвеолах безусловно превосходит таковое в поступающей в альвеолы венозной крови (53 гПа). Это обеспечивает необходимые условия для насыщения крови кислородом до 120–127 гПа (PAO_2) за счет его диффузии в кровь через стенки кровеносных сосудов. Уровни парциального давления кислорода на пути его транспорта из окружающей атмосферы к тканям организма человека показаны на рис. 12.1-1.

Другая компонента газообмена в легких, также основанная на разнице парциального давления, связана с удалением из организма человека выработанного в процессе метаболизма углекислого газа (CO_2). Удаление CO_2 в естественных условиях осуществляется за счет разницы парциального давления этого газа в крови, поступающей в легкие (53 гПа) и во вдыхаемом воздухе, где его содержание ничтожно мало. Поэтому к искусственной газовой среде скафандра также должно быть предъявлено требование о минималь-

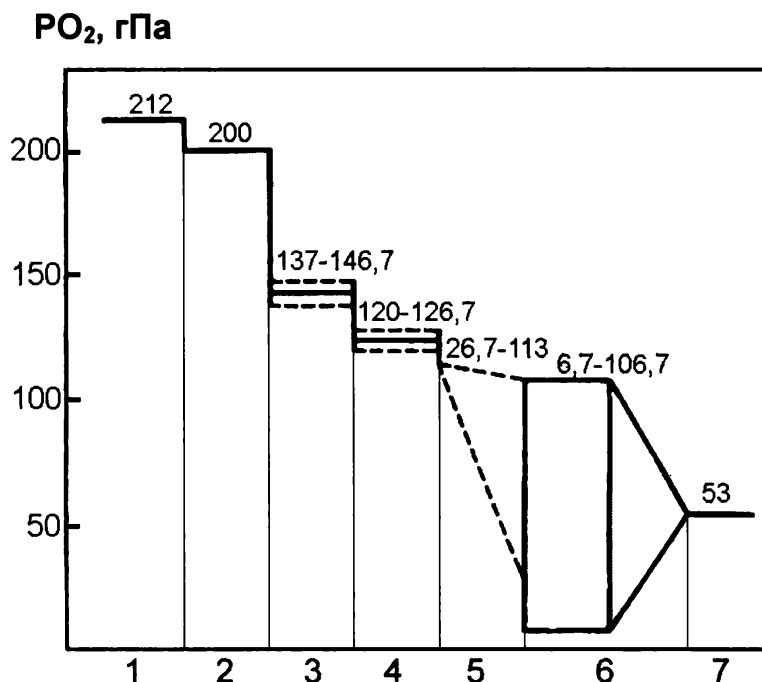


Рис. 12.1-1. Уровни парциального давления кислорода для различных этапов транспорта кислорода в организме: 1 — в атмосферном воздухе; 2 — в трахеальном воздухе; 3 — в альвеолярном воздухе; 4 — в артериальной крови; 5 — в капиллярах; 6 — в межклеточной жидкости; 7 — в венозной крови [В. Б. Малкин, 1975]

ном содержании CO_2 в ней. С учетом известного неблагоприятного действия на человека повышенной концентрации CO_2 во вдыхаемом газе ее уровень в атмосфере скафандра не должен превосходить 13,3 гПа и лишь в конце ВКД (при почти полном использовании для удаления CO_2 поглотительного патрона) кратковременно допускается ее повышение до 27 гПа.

Что касается вопросов повреждающего действия низкого барометрического давления, принятого в российских скафандрах для ВКД (360–400 гПа), и скорости его изменения в процессе шлюзования, оценка влияния этого пониженного давления практически сводится лишь к оценке возникновения ВДБ, а также ее профилактики. Опыт наземных испытаний и реальной эксплуатации скафандров ОРЛАН подтверждает весьма высокую безопасность человека, совершающего работу с его использованием. Она составляет более чем 0,97 при доверительном уровне 95%. Ни в одном случае реальных ВКД (более 200 чел/выходов) и порядка 800 экспериментов в вакуумных камерах при принятой величине давления в скафандре и кратковременной десатурации не отмечалось появление симптомов ВДБ.

Концепция, предложенная физиологами Звезды, легшая в основу обоснования безопасности космонавта по ВДБ, признана практически всеми работающими в этой области научными лабораториями различных стран и сводится к следующему. Как известно, одной из главных предпосылок

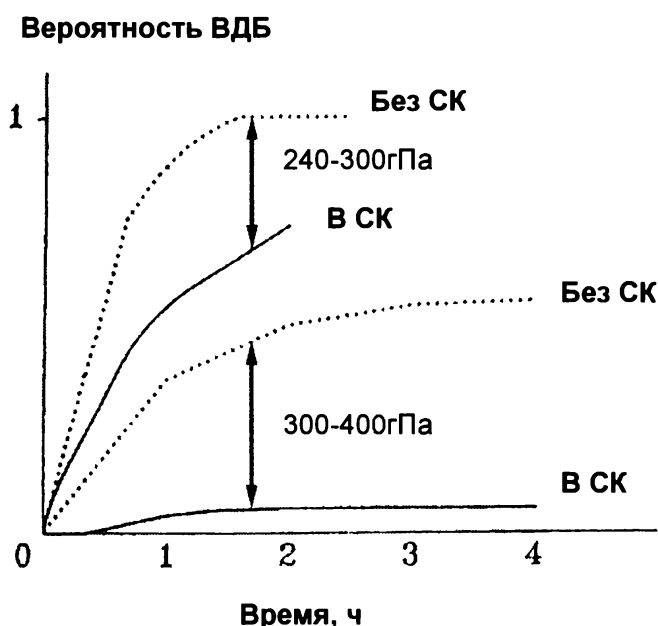


Рис. 12.1-2. Влияние наличия скафандра на вероятность возникновения ВДБ в экспериментах без предварительной десатурации организма от азота для различного рабочего давления в скафандре

возникновения зародышей газовых пузырьков, впоследствии заполняемых инертным газом (в нашем случае азотом), перешедшим из растворенного в газообразное состояние, является процесс кавитации в растянутых, с относительно большой скоростью, эластичных тканях человека с образованием в них полостей. В этой связи оболочка скафандра ограничивающая скорости и ускорения при движениях человека, резко препятствует развитию этих негативных процессов. Именно этим, по нашему мнению, и объясняется то, что при прочих равных условиях по барометрическому давлению, составу вдыхаемого газа, длительности десатурации и тяжести выполняемой работы, столь выражено различается вероятность возникновения ВДБ при работе в вакуумной камере с использованием кислородной маски от вероятности возникновения ВДБ при использовании скафандра. Практически 20–30% в первом случае и 0% во втором. Эта закономерность имеет достаточно универсальный характер и распространяется не только на диапазон давлений, встречающихся в современных скафандрах для ВКД, но и на более низкое давление, что достаточно четко иллюстрируется результатами сравнительного анализа собственных экспериментов, представленными на рис. 12.1-2, и дополняется иллюстрацией на рис. 12.1-3.

Второй составляющей нашей концепции является предположение, что при равных коэффициентах пересыщения инертного газа в организме человека (отношение исходного парциального давления азота в организме человека к конечному давлению в скафандре), большая вероятность возникновения ВДБ будет при относительно меньшем по абсолютной величине конечном

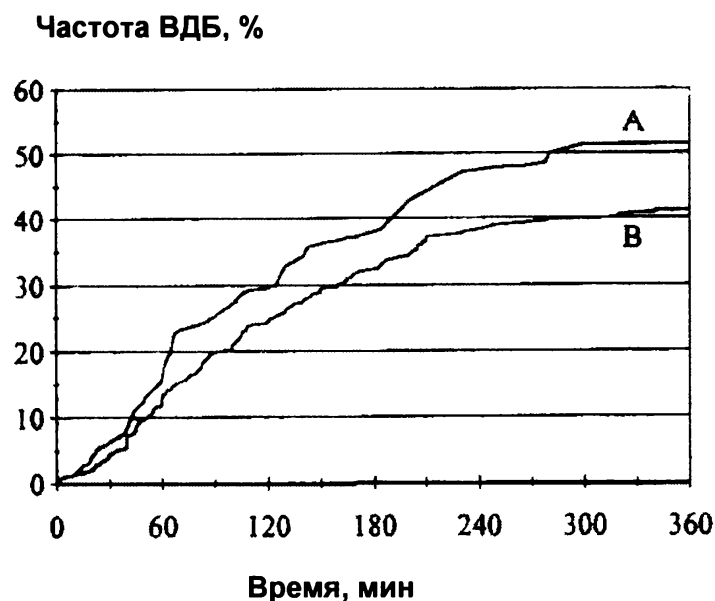


Рис. 12.1-3. Кумулятивная частота возникновения ВДБ во время физической работы (ногами) при различных коэффициентах пересыщения тканей азотом и различном конечном давлении

барометрическом давлении. Зависимость, представленная на рис. 12.1-3 (по данным лаборатории В. П. Катунцева) является ярким тому подтверждением. Мы видим, что в случае с конечным давлением 226 гПа, при коэффициенте пересыщения 1,73 и длительной (6 часов) десатурации организма от азота (кривая А), вероятность ВДБ оказалась еще выше чем в случае относительно большого коэффициента пересыщения (1,91) и отсутствия предварительной десатурации организма от азота, но при более высоком уровне конечного давления — 400 гПа (кривая В). Представленные на рис. 12.1-2 данные подтверждают высокую вероятность появления ВДБ в этом диапазоне давлений в случае отсутствия на человеке скафандра. В основе такого предположения лежит следующее обстоятельство. В отдельных областях или тканях тела человека (например в жировой ткани) ввиду относительно худшей их васкуляризации и в несколько раз большей растворимости в них азота, коэффициент пересыщения азотом на конечной высоте в СК может длительное время оставаться относительно большим (несмотря на десатурацию), чем усредненное его значение по организму в целом. В свою очередь, вероятность образования газовых пузырьков в этих зонах, а затем развития ВДБ, будет безусловно тем выше, чем ниже величина конечного окружающего давления, то-есть давления в скафандре. В этой связи и было выбрано барометрическое давление в скафандре, значительно превосходящее минимально необходимое по кислородному обеспечению человека (360–400 гПа против 253 гПа). Безусловно, при этом возникли более тяжелые условия для работы шарниров скафандра, обеспечивающих необходимую подвижность космонавту. Увеличилась также нагрузка на оболочку скафандра из-за столь высокого избыточного давления в нем.

Здесь будет уместно сказать, что выбранный нами подход к решению задачи обеспечил также возможность сведения к минимуму потерю столь драгоценного времени на десатурацию организма от азота в процессе шлюзования. Это ответственное мероприятие по российской циклограмме шлюзования занимает всего 30 минут. Напомним, что специалисты НАСА вынуждены затрачивать на эту процедуру несколько часов, ввиду поддержания в скафандре давления примерно на 25% ниже чем в российском. В настоящее время ими предпринимаются попытки по некоторому сокращению этого периода за счет интенсификации удаления азота из организма человека путем совершения астронавтом в процессе шлюзования целого комплекса физических упражнений.

Возможность перейти на вторую величину давления в скафандре (порядка 270 гПа), близкую по величине давлению в американском скафандре, предусматривалась во всех российских скафандрах для ВКД лишь в аварийной ситуации. Эта величина давления могла использоваться космонавтами для увеличения подвижности скафандра только кратковременно (до 15 минут) по жизненным показателям (например, при невозможности выполнить какие-либо операции по спасению). В последней модификации скафандра ОРЛАН-М возможность перехода вручную на этот режим работы была вообще исключена ввиду не востребоваемости. Этой возможностью воспользовался при выходе в космос лишь А. Леонов в 1965 году в скафандре с существенно меньшей подвижностью, чем скафандр типа ОРЛАН.

Давление в скафандре ОРЛАН-М, равное 270 гПа, может автоматически создаваться только при большой негерметичности скафандра с одновременным включением аварийной подачи кислорода. В этом случае космонавт прекращает все работы и немедленно возвращается на станцию.

12.2. Тепловые условия

Следующая ключевая физиолого-гигиеническая проблема для жизнеобеспечения человека в скафандре — это поддержание теплового баланса организма. Задача усложняется с одной стороны, тем, что человек, одетый в скафандр и выполняющий тяжелую физическую работу, является интенсивным источником тепловой энергии и влаговыведения. С другой стороны, окружающая внешняя среда характеризуется резкими изменениями направления тепловых потоков на скафандр и от него за счет частой смены «дня» и «ночи» на орбите. Это затрудняет создание эффективной системы пассивного теплообмена между человеком и окружающей средой. Следует отметить, что к метаболическому выделению тепла добавляются еще и тепловыделения агрегатов СОЖ скафандра.

Учитывая сложность и многоплановость возникающей ситуации, стало ясно, что ее решение может быть найдено путем создания эффективной активной системы отвода тепла из скафандра в сочетании с надежным средством термоизоляции космонавта от окружающей среды.

Для парирования умеренных уровней теплопроизводительности космонавта и при небольшой продолжительности работы на первых скафандрах для ВКД (БЕРКУТ и ЯСТРЕБ) эта задача решалась путем применения вентиляционных систем. Однако, поддержать тепловой баланс человека только за счет конвекции и испарения пота при увеличении физической нагрузки и длительности выходов стало практически невозможно. Для этого потребовалось бы в несколько раз увеличить вентиляционный поток с соответствующим возрастанием расхода газа и соответственно мощности источников его циркуляции. Поэтому, при рассмотрении задач, связанных с выполнением более интенсивных и длительных операций (монтажные, ремонтные работы на ОС, перемещения по поверхности Луны и т. п.), пришлось обратиться к более производительным способам теплосъема. Такое инженерное решение было найдено, что и позволило, с учетом специфических требований, выдвигаемых человеком, решить эту сложную задачу.

Во 2-й половине 60-х годов при разработке СК для лунной программы было принято решение о введении в состав скафандра (помимо вентиляционной системы) системы водяного охлаждения, обеспечивающей теплосъем с использованием кондуктивной составляющей. Поскольку такой способ теплообмена, в качестве основного, не является естественным для человека, был изучен и ряд с этим связанных побочных физиологических проявлений. В частности, при проектировании костюма водяного охлаждения с целью рационального размещения на теле человека его трубочек, была тщательно исследована топография потоотделения и выявлены зоны, играющие доминирующую роль в теплообмене с окружающей средой. Важно отметить, что была установлена хорошая приспособляемость человека к работе с костюмом водяного охлаждения. Космонавт легко обучается регулировке интенсивности теплосъема по субъективным признакам — теплоощущениям. При этом следует иметь в виду, что наличие невесомости вносит существенный дисбаланс в теплоощущения человека. Связано это со следующим. Как известно, кровь выполняет ведущую роль в тепломассопереносе в теле человека. Вместе с тем, в условиях невесомости ввиду отсутствия гидростатического давления происходит перераспределение масс крови в теле человека. В частности, нижние конечности, по сравнению с земными характеристиками, частично обескровливаются и, тем самым, они относительно охлаждаются, что неминуемо отражается и на теплоощущениях. «Ногам становится холодно». При этом, как показывает опыт, уменьшение интенсивности теплосъема с нижних конечностей за счет ликвидации в этой области контура водяного охлаждения или введения теплых носок, естественно, не решает эту задачу. К сожалению, пока не найдено инженерное решение для обеспечения внешнего теплопритока в эту область тела, что могло бы кардинально решить проблему.

В целом система терморегулирования скафандра поддерживает микроклимат внутрискафандрового пространства и тепловой баланс человека на уровне, близком к комфорту. Относительная влажность газовой среды, приведенная к температуре 25°C, составляет 30–60%. Температура воды,

поступающей в КВО, может изменяться самим космонавтом в пределах 5–30°C, что вполне приемлемо даже для случаев весьма интенсивной физической работы человека с теплопродукцией до 13 ккал/мин. Общее теплосодержание организма при этом, как показывает опыт, отличается от исходного не более чем на 120 кДж. Суммарный метаболизм космонавтов за период работы до 7 часов составляет подчас до 8 МДж (2,222 кВт). С точки зрения физиологии терморегуляции российская система обладает еще одним выраженным преимуществом. Суть его заключается в том, что в скафандре за счет наличия в составе КВО шапочки водяного охлаждения и направленного потока вентиляции газа поддерживается необходимый тепловой комфорт в зоне головы человека. Это способствует термостатированию структур головного мозга и, как следствие, обеспечению не только общего комфортного состояния, но и хорошей работоспособности даже в случаях некоторого роста температуры тела. Измерение температуры тела осуществляется в заушной области (Тз). Значение этого параметра в терминах физиологии терморегуляции отображает в отношении 50/50 температуру «ядра» и «оболочки» тела человека. Фактическое значение Тз, как правило, находится в диапазоне 35,5–37,5°C. Оно во многом зависит от индивидуального стиля регулирования температуры охлаждающей воды с помощью крана «тепло/холод» по теплоощущениям (с пульта управления СОЖ скафандра).

Еще одна специфическая особенность в реакциях организма. В ответ на использование столь нестандартного — кондуктивного пути теплосъема, происходит относительное уменьшение потоотделения (в 2–4 раза). Это безусловно связано с рефлекторной реакцией поверхностных сосудов на охлаждение кожи. В определенной мере это уменьшает непосредственную остроту проблемы наличия питьевой воды при длительном нахождении в загерметизированном скафандре. Вместе с тем упрощается и задача, связанная с возможным диурезом. Несмотря на многолетний опыт, мы не сталкивались с неудовлетворенностью космонавтов по этим вопросам. Тем не менее, в последней модификации скафандра ОРЛАН-М установлена емкость с питьевой водой, а входящие в состав подскафандровой одежды памперсы способны надежно задержать более 600 мл мочи.

12.3. Эргономика скафандра

Естественно, на производительность труда космонавтов существенную роль оказывает функциональное состояние анализаторных систем. В частности, жесткость оболочки скафандра, наличие свободного пространства между телом и оболочкой существенным образом ухудшают тактильную чувствительность человека. Несмотря на индивидуальный подбор перчаток, способность космонавта различать характер поверхности предметов, их форму, а также расстояние между ними значительно ухудшается. Например, порог различения отстоящих друг от друга предметов для пальцев рук возрастает примерно в 4 раза по сравнению с обнаженной рукой и составляет порядка

2 мм. Максимальное усилие развиваемое кистью руки (динамометрия) снижается в 1,5–2 раза и составляет около 225–300 Н.

С учетом ограничений, связанных с подвижностью космонавта и снижением тактильной чувствительности, особое значение в получении внешней информации приобретает зрительный анализатор. Вместе с тем, ряд внешних факторов, включая и наличие скафандра, вводят определенные ограничения для нормального функционирования органов зрения. Угол обзора через основное остекление шлема скафандра типа ОРЛАН составляет порядка 125° в вертикальной плоскости (55° вверх и 70° вниз) и не менее 200° в горизонтальной (по 100° влево и вправо). Помимо этого, в последней модификации скафандра ОРЛАН-М увеличен обзор за счет введения в шлем дополнительного остекления над лобно-теменной областью головы. При этом поле обзора в этом направлении увеличено до 90° . С целью защиты глаз от повреждающего действия света Солнца, остекление скафандра оборудовано светофильтрами с пропускной способностью $\sim 3\text{--}4\%$. Вместе с тем, при наступлении «ночи» космонавты могут продолжать рабочие операции, освещая зону работы светильниками, расположенными на шлеме скафандра. Они обеспечивают освещение рабочего поля с интенсивностью не менее 10 лк на расстоянии 0,5 м, что гарантирует различение предметов с угловым размером 1–2 минуты. В то же время сам факт частой смены «дня» и «ночи», характерный для орбитального полета, вносит дополнительное осложнение в функционирование зрительного анализатора человека, что связано с частой зрительной адаптацией к различной освещенности окружающих предметов.

Существенное значение для обеспечения работы человека в скафандре имеет эргономичность его конструкции. Прежде всего, это относится к достигаемости органов управления скафандром и информативности зрительной и слуховой сигнализации системы управления. Самостоятельная проблема, связанная с распознаванием показаний приборов, расположенных на пультах скафандра, может быть обусловлена возрастной дальнорзоркостью. Решение такой задачи состоит в правильном подборе очков или контактных линз, которые не привели бы к ухудшению различения далеко расположенных предметов. Помимо этого, оценка эргономичности системы управления скафандром должна учитывать и чрезвычайно плотную общую загруженность космонавта в процессе ВКД. Мы периодически встречаемся с ситуацией, когда космонавт, ввиду занятости, не может отвлечься, например, на перенастройку системы терморегуляции, несмотря на возникшую в этом потребность. Это свидетельствует о том, что необходимо продолжать усилия в направлении автоматизации целого ряда процессов.

Уместно также отметить, что хорошая наземная тренировка, накопленный космонавтами опыт предыдущих ВКД, хорошая физическая и эмоциональная подготовка могут существенным образом повлиять на повышение результативности внекорабельной деятельности. В качестве примера можно привести выполнение операции по установке солнечных батарей одним из экипажей станции *Салют*. Повторное выполнение этой ответственной и

сложной операции тем же экипажем было завершено во второй раз в 2 раза быстрее и на 10–20% с меньшими энерготратами.

Поскольку ВКД продолжает оставаться одной из самых ответственных и опасных операций в процессе полета, серьезное внимание должно быть уделено оценке здоровья космонавтов как во время ВКД, так и на этапе подготовки к ее выполнению. Непосредственно во время ВКД оперативный медицинский контроль за здоровьем космонавтов, помимо переговоров с ними, проводится на основании данных телеметрической информации медицинских параметров, а также за счет анализа данных по функционированию АСОЖ скафандра.

Система медицинского контроля, встроенная в скафандр ВКД, обеспечивает передачу электрокардиограммы (отведение DS), пневмограммы и температуры тела в заушной области. Кроме того, обеспечивается расчет метаболизма космонавта по таким параметрам газообмена как потребление O_2 (по изменению давления в баллонах) и выделение CO_2 (по разнице концентрации на входе и выходе из поглотительного патрона). Оценивается также величина теплосъема с тела космонавта (прежде всего по разнице температур воды на входе и выходе из костюма водяного охлаждения). Таким образом, с учетом переговоров врача с космонавтом, имеется возможность анализа тяжести выполняемой работы и адекватности реакций организма. Важно отметить, что почти 40-летний опыт наземной медицинской поддержки ВКД свидетельствует о том, что для хорошо подготовленных космонавтов, строго выполняющих программу использования средств профилактики неблагоприятного действия невесомости, продолжительность полета не является ограничивающим фактором для допуска к ВКД. Это же можно сказать о возрасте космонавта. При необходимости, повторная ВКД с интервалом на отдых 2–3 дня может считаться допустимой. Как правило, подготовка к предстоящей ВКД и сам период ее выполнения свидетельствуют о высокой степени мотивации экипажа к этой операции. Мы лишь однажды встретились с боязнью участия в ВКД. После завершения ВКД экипажу должен быть предоставлен полноразмерный отдых с целью полной реабилитации, а в отдельных случаях и лечения (повреждение кожных покровов, боли со стороны скелетной мускулатуры и т. п.).

Важно также отметить, что профессионально грамотное, ненавязчивое, доброжелательное медицинское сопровождение ВКД, весьма положительно оценивается экипажем и придает ему дополнительную уверенность при выполнении этой сложной и ответственной операции.

Перспективные проекты планетарных скафандров для Луны и Марса

13.1. Введение

Проработка концепции скафандра для марсианской экспедиции была начата на Звезде в конце 1980-х годов, когда создание проекта экспедиции на Марс было включено Правительством СССР в Государственную научно-техническую программу перспективных работ.

В то время на Звезде в основном был проведен только анализ условий эксплуатации планетарного скафандра, так как основные усилия в соответствии с вышеуказанной программой были направлены на выбор концепции экспедиции в целом и медицинскую оценку возможностей человека совершить столь длительный космический полет. Затем из-за отсутствия финансовых возможностей заинтересованность в проведении исследований в этом направлении ослабла.

В последние годы после реализации международного сотрудничества по созданию *МКС* во многих странах вновь появился интерес к проблеме пилотируемого полета на Марс. Этими проблемами занимаются прежде всего в США, в Западной Европе и в России. В 1999 году было решено создать «Международный научно-технический центр», отвечающий за разработку проекта марсианской экспедиции [*Новости космонавтики*», № 10, 2002 г.]. Комитет, возглавляющий центр, состоит из 21 человека от НАСА, ЕКА и России.

В России в настоящее время основное внимание как и ранее нацелено на обоснование сценария полета на Марс и медицинские исследования. В США, кроме этих вопросов, НАСА и ряд отдельных фирм ведут проработки, касающиеся и марсианского скафандра.

На Звезде, несмотря на отсутствие финансирования по этой тематике, также ведется проработка отдельных вопросов, связанных с созданием марсианского скафандра. Это прежде всего анализ условий работы скафандра на Марсе, разработка требований к скафандру, анализ конструктивных решений и разработка экспериментальных образцов отдельных элементов оболочки скафандра. Схемные решения по СОЖ скафандра во многом определяются концепциями систем марсианского корабля и сценария осуществления марсианской экспедиции. Поэтому на данном этапе на Звезде в объеме имеющихся финансовых возможностей по СОЖ скафандра ведется лишь предварительное изучение возможных вариантов ее выполнения.

13.2. Некоторые проблемы создания планетарных скафандров

На Звезде накоплен большой опыт разработки и эксплуатации орбитального скафандра. Проводились работы и по созданию скафандра для Лунной программы (см. главу 6). Поэтому при разработке концепции нового планетарного скафандра прежде всего рассматривалась возможность использования имеющегося опыта и готовых элементов ранее созданных изделий.

В предыдущих разделах, посвященных скафандрам для выхода и работы космонавта за пределами космической станции на орбите или на поверхности Луны (гл. 6 и 8), было показано, что оптимальными для этой цели скафандрами являются скафандры полужесткого типа. Эти скафандры (КРЕЧЕТ и семейство ОРЛАНОВ) имеют жесткий (выше пояса) корпус, объединенный со шлемом, задний входной люк, крышкой которого является ранец с расположенными в нем агрегатами СОЖ и мягкую конструкцию рукавов, нижней части корпуса и штанин. Почти тридцатилетний опыт эксплуатации этих скафандров на орбитальных станциях *Салют*, *Мир* и *МКС* полностью подтвердил их преимущества. Поэтому с полной уверенностью можно утверждать, что и для будущих планетарных скафандров может быть рекомендован скафандр именно такого, полужесткого типа.

Однако для применения в качестве планетарных (для Луны и Марса) орбитальные скафандры типа ОРЛАН в чистом виде использованы быть не могут, так как к этим скафандрам предъявляются требования, которые были не обязательными для орбитального скафандра. В первую очередь это относится к подвижности оболочки. Работы в открытом космосе потребовали обратить главное внимание на обеспечение высокой работоспособности рук космонавта, так как они используются как для перемещения по поверхности станции с помощью карабинов, так и при проведении работ с различной аппаратурой, инструментами, пультами и органами управления, для транспортировки грузов, сборки, работ с люками и т. п. При этом ноги космонавта играют второстепенную роль, они используются в основном для фиксации скафандра на рабочем месте и при проходе через отверстие люка. Поэтому, естественно, что рукава и перчатки орбитальных скафандров типа ОРЛАН совершенствовались при каждой модификации и имеют относительно высокие характеристики подвижности. В современном виде они вполне могли бы быть использованы как прототипы для лунного, а также и для марсианского скафандров. В то же время нижняя (мягкая) часть корпуса орбитального скафандра типа ОРЛАН практически не обладает подвижностью, а оболочки ног (штанины) имеют минимальную подвижность, необходимую лишь для выполнения указанных выше задач.

Не имеет большого значения для работы в условиях невесомости и большая масса скафандра. Даже наоборот, чем больше масса СК, тем устойчивее его положение в пространстве, тем меньше возмущение от движения рук и ног.

Одной из главных особенностей планетарного скафандра является обеспечение передвижения космонавта по поверхности планеты посредством ходьбы и возможности работы с образцами грунта, для чего необходимо нагибаться вперед и вставать на колено. Должны также обеспечиваться возможность спуска и подъема по трапу корабля, входа-выхода из шлюзовой камеры лунохода или марсохода и т. д. Поэтому основное внимание на начальном этапе разработки оболочки должно уделяться построению концепции нижней ее части (включая и обувь скафандра) и ее подвижности. При этом, естественно могут использоваться элементы оболочки, отработанные во время создания скафандра КРЕЧЕТ-94 для советской Лунной программы (см. главу 6). В частности, такие его конструктивные элементы, как бедренный гофрированный шарнир с двумя степенями свободы и коленный гофрированный шарнир могут служить базой при разработке нижней части оболочки планетарного скафандра.

Анализ условий эксплуатации скафандра на Луне показывает, что схема СОЖ лунного скафандра может быть близкой к схеме орбитального скафандра. В то же время для выбора схемы СОЖ весьма важным является также увязка ее с возможностями систем лунного корабля и шлюзовой камеры и их интерфейсами. Значительно больше вопросов возникает при выборе концепции СОЖ марсианского скафандра.

В частности, при этом должны быть рассмотрены и учтены следующие основные проблемы:

1. Увязка с требованиями и программой осуществления экспедиции:
 - Универсальность с орбитальным (межпланетным) скафандром.
 - Сочетаемость с системами шлюзовой камеры.
 - Время пребывания экспедиции на Марсе.
 - Величина давления в корабле и в скафандре.
 - Время и характер работы, количество циклов выхода из корабля.
 - Наличие запасов расходуемых элементов и/или возможность их регенерации.
 - Методика и время аварийного возврата на корабль.
2. Передвижение по поверхности планеты:
 - Наличие марсохода, его конструктивные особенности (герметичная/негерметичная кабина), наличие СОЖ и ее увязка с СОЖ скафандра.
 - Самостоятельное передвижение по поверхности планеты в скафандре (расстояние, время, скорость).
 - Наличие ветра и запыленность поверхности Марса.
3. Влияние частичной силы тяжести и связанное с этим ограничение массы скафандра.
4. Влияние и защита от внешних условий (атмосфера, излучения, радиация и т. д.).
5. Обеспечение теплового режима при низких температурах и наличии атмосферного давления (теплоизоляция скафандра,

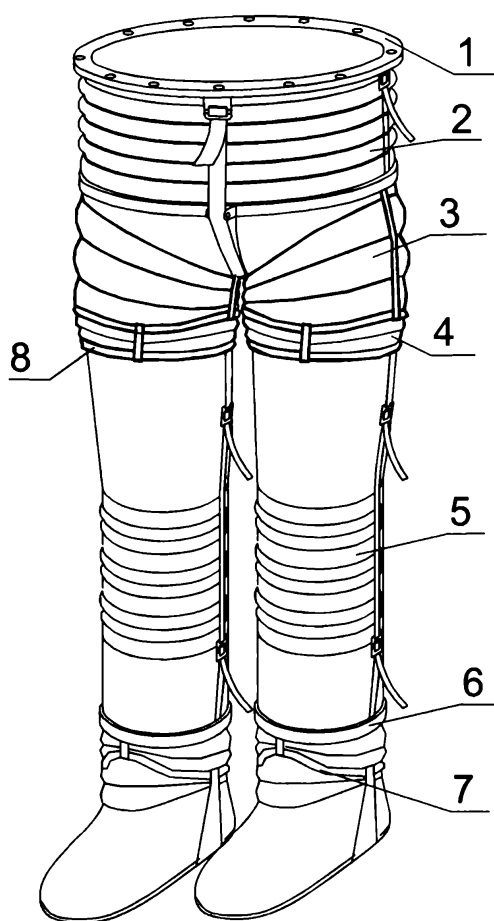


Рис. 13.3-1. Концепция нижней части оболочки планетарного скафандра:
 1 — интерфейс между корпусом и нижней частью оболочки; 2 — поясной шарнир;
 3 — тазобедренный шарнир (сгибание-разгибание); 4 — бедренный шарнир
 (отведение-приведение); 5 — коленный шарнир; 6 — голеностопный подшипник;
 7 — голеностопный шарнир с двумя степенями свободы; 8 — кольцо — ограничитель
 бедренного шарнира или бедренный гермоподшипник (ТВД)

тип теплообменных устройств, незапотевание иллюминатора, материалы, работающие при низкой температуре).

От решения этих проблем во многом зависит концепция выбора материалов и конструктивных элементов скафандра и схемы СОЖ.

Весьма важной нам представляется проблема значительного снижения массы скафандра. Современный российский орбитальный скафандр имеет массу 112 кг, а американский EMU еще больше, что неприемлемо для марсианского скафандра. С учетом величины силы тяжести на Марсе равной 0,38 от земной, масса скафандра, в котором человек сможет самостоятельно перемещаться по поверхности, не должна превышать 50–60 кг (подлежит уточнению при дальнейших исследованиях). Создание скафандра с такой массой требует

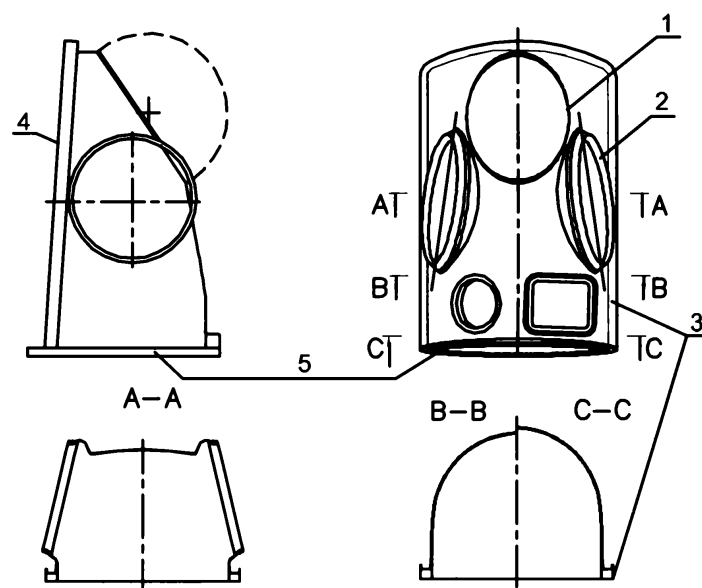


Рис. 13.3-2. Вариант концепции оболочки жесткого корпуса: 1 — отверстие для шлема; 2 — отверстие для плечевого подшипника; 3 — рамка входного люка; 4 — входной люк; 5 — интерфейс между корпусом и нижней частью оболочки

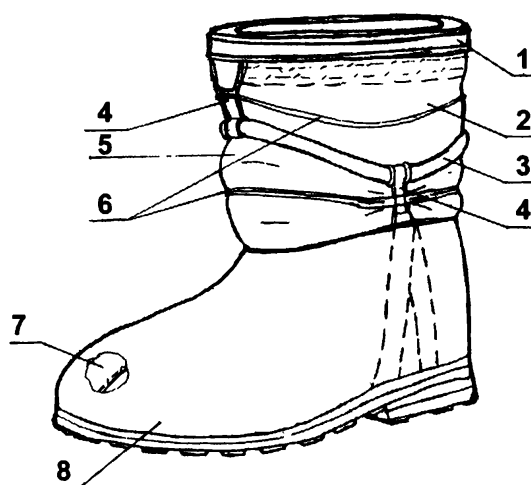


Рис. 13.3-3. Ботинок с двустепенным (карданным) голеностопным шарниром и голеностопным подшипником (вариант концепции): 1 — голеностопный подшипник; 2 — шарнир для отведения — приведения; 3 — промежуточное (карданное) кольцо; 4 — продольная силовая лента; 5 — шарнир для сгибания — разгибания; 6 — поперечная силовая лента; 7 — силовая оболочка; 8 — защитный наружный ботинок

использования более легких материалов для оболочки СК и новых принципов построения СОЖ.



Рис. 13.3-4. Испытатель в скафандре типа ОРЛАН с двустепенными голеностопными шарнирами на наклонной плоскости

Весьма трудными задачами могут стать также защита от радиации, а также обеспечение теплового режима (при величине давления на Марсе порядка 7–10 гПа обычно применяемый в орбитальных скафандрах теплообменник-сублиматор не работоспособен, не эффективна ЭВТИ).

В связи с вышеуказанным становится весьма важным вопрос о способе передвижения человека в скафандре на поверхности Марса и о времени автономной работы в скафандре. В настоящее время при разработке концепции марсианской экспедиции предпочтение отдается использованию робототех-



Рис. 13.3-5. Испытатель в скафандре НАСА Марк-III с ботинками фирмы Звезда на «марсианском» полигоне в Хьюстоне

ники с перемещением людей в скафандре на марсоходе. Однако, по нашему мнению, нельзя исключить автономное пребывание человека в скафандре на поверхности планеты при различных аварийных ситуациях или для проведения ремонтных работ. Время автономной работы скафандра во многом определяет выбор схемы СОЖ и ее массу.

Можно себе представить несколько вариантов концепции использования марсианского скафандра.

1. Перемещение космонавта в скафандре находясь внутри герметичного марсохода (при этом выход из марсохода и отделение скафандра от его систем предусматривается лишь в аварийной ситуации и для возврата на корабль на время до 1–2 часов).
2. Перемещение космонавта в скафандре в негерметичном марсоходе (с использованием СОЖ марсохода). При этом время автономной работы как и в 1-ом случае может быть снижено до 1–2 часов.
3. Перемещение космонавта в скафандре с небольшим отдалением от марсохода с периодической заменой на скафандре ранцев с СОЖ, хранимых на марсоходе. Такой вариант прорабатывается фирмой Гамильтон Сандстренд (США).
4. Длительная автономная работа космонавта в скафандре в течение 6–7 часов.

Для первых двух вариантов автономная СОЖ может быть значительно упрощена и для нее может быть использован ряд элементов существующих скафандров.

Для 3-го и особенно 4-го варианта необходим поиск новых технических решений. Эти решения будут в значительной степени зависеть от выбранной концепции экспедиции в целом, особенно концепции собственно марсианского корабля и марсохода (наличие запасов, и в частности кислорода, возможность дозаправки или регенерации расходуемых элементов, конструкция интерфейсов с бортовыми системами и т. д.).

13.3. Разработка концепции оболочки и конструкции компонентов марсианского скафандра

Подход Звезды к концепции отдельных элементов оболочки марсианского скафандра был определен в рамках последних исследований и нашел отражение в публикациях в период с 2000 по 2002 гг. [Абрамов, Моисеев, Стоклицкий, 2001, 2002 гг., Хадсон и др., 2000., Росс и др. 2002].

Основными элементами марсианского скафандра, которые исследуются в настоящее время, являются оболочка ног, обувь, поясной шарнир, а также способ крепления скафандра к ответным интерфейсам корабля или марсохода. На рис. 13.3-1 показана одна из рассматриваемых на Звезде концепций нижней части оболочки скафандра. Она отличается от конструктивной схемы оболочки орбитального скафандра типа ОРЛАН наличием поясного шарнира, обеспечивающего наклоны корпуса вперед, наличием бедренного шарнира с двумя степенями свободы (сгибание-разгибание и отведение-приведение) и голеностопного шарнира с двумя степенями свободы, а также конструкцией коленного шарнира. Введение в оболочку поясного шарнира требует изменения существующей конструкции жесткого корпуса СК типа ОРЛАН. На рис. 13.3-2 показана одна из концепций корпуса марсианского

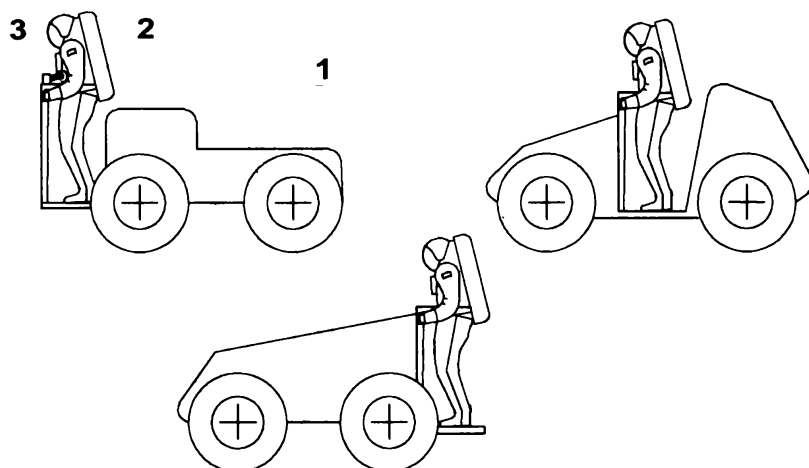


Рис. 13.3-6. Варианты фиксированного положения члена экипажа в скафандре на ровере: 1 — ровер; 2 — оператор в скафандре; 3 — интерфейс скафандр — ровер

скафандра, которая отличается формой нижнего обреза (фланца) и соответственно формой и положением входного люка. Поднятый максимально вверх и расположенный почти перпендикулярно продольной оси корпуса нижний фланец, позволяет разместить на оболочке мягкий поясной шарнир.

На рис. 13.3-3 показана одна из концепций обуви марсианского скафандра, включающая голеностопный шарнир с двумя степенями свободы, специальную подошву и голеностопный гермоподшипник. Разработка концепции обуви для марсианского скафандра осуществлялось в содружестве с фирмой Гамильтон Сандстренд. Была проработана необходимость разработки голеностопного шарнира с двумя степенями свободы в сочетании с гермоподшипником, что диктуется требованием хождения в скафандре по неровной поверхности Марса, включая склоны холмов. Большое значение для ходьбы имеет форма и жесткость подошвы обуви, поэтому было разработано и испытано несколько вариантов конструкции подошвы. Испытания макетов обуви и подошвы были проведены как на Звезде в составе скафандра типа ОРЛАН (рис. 13.3-4), так и в NASA (рис. 13.3-5) в составе скафандров EMU и Mark-III.

Важное значение для марсианского скафандра имеет его сочетаемость с интерфейсами марсохода. На рис. 13.3-6. показан один из рассматриваемых вариантов, в основу которого положена система фиксации жесткого корпуса на борту станции *Mir* с помощью трех точек на корпусе скафандра в зоне пояса. По этой концепции космонавт находится на марсоходе в жестко зафиксированном скафандре в положении стоя. В таком положении он может управлять движением марсохода и, при необходимости отдыхать, «сядая» внутри скафандра. Такое решение упрощает конструкцию оболочки, избавляя ее от

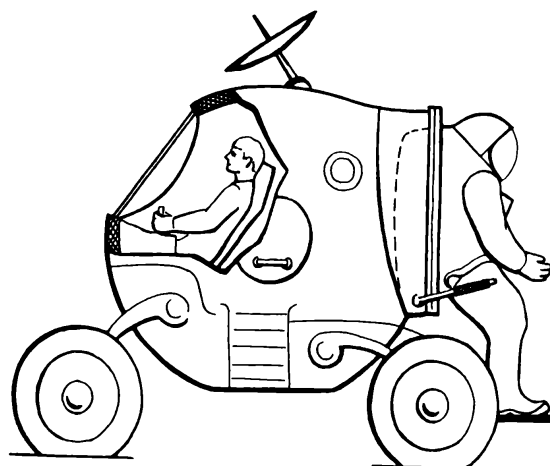


Рис. 13.3-7. Вариант концепции интерфейса: скафандр — люк ровера
(рисунок 1967 г.)

необходимости принимать позу «сидя», и устраняет надобность в кресле на марсоходе.

Вход в жесткий корпус скафандра типа ОРЛАН сзади может рассматриваться и как вариант интерфейса «скафандр — шлюзовая камера» корабля или марсохода при креплении СК к шлюзовой камере спиной. Такой вариант обсуждался на Звезде еще в 60-х годах при разработке лунной программы (рис. 13.3-7).

Разработкой концепции новых элементов оболочки планетарного скафандра в настоящее время руководят главный специалист Стоклицкий А. Ю. и ведущий конструктор Н. А. Моисеев.

Создатели советских/российских космических скафандров

14.1. Научно-производственное предприятие Звезда

Все советские/российские космические скафандры, защитное снаряжение летчиков боевых самолетов, средства спасения при аварии летательных аппаратов и ряд других комплексных систем, повышающих безопасность полетов и эффективность применения летательных аппаратов, созданы на российском Научно-производственном предприятии Звезда. Звезда представляет собой комплекс, включающий специализированные научно-исследовательские, конструкторские и испытательные подразделения, оснащенные уникальной экспериментальной базой, опытное производство с развитыми технологическими службами, отдел авиакосмической медицины, а также службы научно-технического сопровождения эксплуатации разработанных изделий. Создание космических скафандров является лишь одним из основных направлений деятельности Звезды.

Предприятие было организовано в 1952 году в составе авиационной отрасли СССР как специализированное для решения проблемы обеспечения безопасности экипажей скоростных и высотных самолетов. К тому времени реактивная авиация стала бурно развиваться, демонстрируя огромные возможности завоевания ранее недостижимых скоростей и высот полетов. Вместе с тем, летные происшествия, случавшиеся на реактивных самолетах, довольно часто имели катастрофические последствия. Стало ясно, что задача снижения опасности для экипажа только мерами по повышению надежности основных систем самолета не может быть решена. Возникла необходимость иметь специальные средства для повышения переносимости экипажем экстремальных динамических и климатических условий полета, для аварийного покидания самолета при высоких скоростях полета и для выживания после приземления или приводнения. Разрозненные работы самолетостроительных и других предприятий в данном направлении не давали должного эффекта.

Во исполнение Постановления Совета Министров СССР № 4325-1715 от 27.09.1952 г., приказом Министра авиационной промышленности СССР № 1150 от 2 октября 1952 года, в поселке Томилино Московской области был организован завод № 918 с конструкторским бюро, научно-исследовательским отделом и опытным производством (рис. 14.1-1 и 14.1-2). Руководителем и Главным конструктором предприятия был назначен С.М. Алексеев (рис. 14.1-3), работавший в то время начальником конструкторско-производственного комплекса Летно-исследовательского института. В начале 1964 года



Рис. 14.1-1. Первое здание Звезды в 1952 году



Рис. 14.1-2. Начало строительства главного производственного корпуса.
Слева — лабораторно-конструкторский корпус (1967 г.)

руководителем и Главным конструктором предприятия был назначен Г. И. Северин (рис. 14.1-4). В 1989 году он стал Генеральным конструктором, а с 1992 г. Генеральным директором и Генеральным конструктором предприятия.

За прошедшие с момента основания предприятия 50 лет неоднократно менялось его название (завод № 918, предприятие п/я А-3927, Машиностроительный завод Звезда и наконец НПП Звезда), изменилась форма собственности. С 1994 года это Открытое Акционерное Общество «Научно-Производственное Предприятие Звезда» с долей государства в уставном капитале 38%.



Рис. 14.1-3. Главный конструктор Звезды (завода № 918) в период с 1952 по 1963 год С.М. Алексеев



Рис. 14.1-4. Главный конструктор, а затем Генеральный директор и Генеральный конструктор Звезды с 1964 г. по настоящее время Г.И. Северин

ОАО НПП Звезда является акционером 9 обществ и соучредителем/учредителем 5 обществ. Предприятие занимает 16,2 гектаров земли, располагает 70000 м² производственных площадей (рис. 14.1-5 а, б). Предприятие

(а)



(б)



Рис. 14.1-5. Основной производственный корпус (а) и конструкторский корпус (б) Звезды

также имеет филиал в городе Жуковский, пансионат «Звездный» в городе Кисловодск, дворец культуры «Звездный» в Томилино и горнолыжную базу в районе поселка Чулково Московской области. По состоянию на 15 сентября 2004 года на предприятии трудится около 2000 человек.

В настоящее время Первым заместителем Генерального директора и Генерального конструктора является С. С. Поздняков, заместителями Генерального директора — И. И. Аскерко (Главный инженер и Заместитель Генерального директора по производству), Н. И. Афанасенко (строительство, кадры

и др.), А. В. Ромашов (экономика). Заместителями Генерального конструктора по отдельным направлениям работы являются Н. И. Дергунов и В. М. Рафеевков. Практическая деятельность акционерного общества осуществляется правлением под руководством Г. И. Северина.

С началом космической эры предприятие включилось в работы и по обеспечению безопасности космических полетов. Первыми космическими изделиями предприятия были скафандры и оборудование для проведения исследований на животных.

С высоты прошедших лет следует отметить прозорливость инициаторов создания и авторов структуры будущей Звезды и ее тематического профиля. С накоплением опыта работ по затронутой проблеме, стало очевидным, что средства обеспечения эффективности и безопасности полетов необходимо разрабатывать как единые интегрированные комплексы, состоящие из катапультных кресел, защитного снаряжения, кислородного оборудования и других взаимосвязанных функциональных устройств, а не как набор различных средств и систем, обладающих неплохими характеристиками в отдельности, но плохо взаимодействующими между собой, как это имеет место в некоторых западных аналогах.

На протяжении всех лет существования предприятия тематическая направленность работ предприятия расширялась и уточнялась, но научно-производственная сущность деятельности остается неизменной. Развитие и совершенствование творческих и производственных звеньев Звезды, привлечение и воспитание высококвалифицированных кадров позволило эффективно решать задачи не только по созданию и совершенствованию систем индивидуального жизнеобеспечения летчиков и космонавтов, скафандров и систем для работы в открытом космосе, средств спасения экипажей и пассажиров летательных аппаратов, но и в других областях, таких как системы дозаправки топливом в полете, средства защиты летательных аппаратов от пожара и взрыва, медицинская техника и др.

Начиная с 60-х годов Звезда активно участвует в многочисленных выставках космической техники. Скафандры и другое снаряжение летчиков и космонавтов всегда привлекают повышенное внимание посетителей и специалистов (рис. 14.1-6). Почти все образцы разработанных «ЗВЕЗДОЙ» космических скафандров демонстрировались и демонстрируются в настоящее время в ряде музеев России и зарубежных стран. Часть изделий попало в зарубежные частные коллекции¹. Наиболее полный набор экспонатов находится в музее Звезды (рис. 14.1-7 и 14.1-8).

На всех скафандрах и других видах снаряжения, выпускаемых в настоящее время Звездой, пришиваются эмблемы предприятия (рис. 14.1-9).

¹ В настоящее время точное местонахождение ряда экспонатов определить не представляется возможным, так как часть из них уже была просто списана из-за ветхости, а некоторые экспонаты передаются или продаются самими музеями без ведома Звезды другим владельцам.



Рис. 14.1-6. Посещение руководством России экспозиции Звезды на Международной выставке МАКС-2001 в г. Жуковском в 2001 году. На переднем плане: Г. И. Северин, Генеральный директор фирмы «Сухой» М. Погосян, Президент РФ В. В. Путин, Генеральный директор Росавиакосмоса Ю. Н. Коптев, министр обороны С. Иванов, министр промышленности И. Клебанов

Надпись Звезды может отсутствовать (ранее на эмблемах были также надписи *Салют* и затем *Мир*).

В октябре 2002 г. торжественно отмечалось 50-ти летие Звезды (рис. 14.1-10 и 14.1-11), в связи с чем коллектив предприятия получил поздравления от руководителей многих ведомств и предприятий.

14.2. Участники создания советских/российских космических скафандров

Сосредоточение в профильной тематике относительно небольшого предприятия разнообразных научно-технических задач и технологий, включающих в себя отрасли механики, авиакосмической медицины, электроники, химии и еще много чего, требовало оригинального построения структуры работ на формальном и неформальном уровнях. Типовая структура организации разработки космических скафандров представлена на рис. 14.2-1.

Сложившиеся на Звезде традиции творческого процесса, как правило, имеют коллективный совещательный характер, где генераторами идей выступают представители различных структур и иерархических уровней. Поэтому нелегкую и часто неразрешимую задачу представляет определение индивидуального авторства того или иного технического решения. Иерархия формальной служебной подчиненности в творческом процессе не всегда отра-



Рис. 14.1-7. Руководители разработки космических скафандров в музее Звезды: Г. И. Северин (в центре), И. П. Абрамов (слева), В. И. Сверщек (справа)

жает фактическую роль конкретных участников работ. Все высказывания и предложения обсуждались, шлифовались и структурировались, постепенно приобретая законченную форму.

«Законченная» форма, конечно, не всегда являлась лучшей из возможных, но в процессе проектирования рано или поздно наступал момент, когда нужно было решительно остановиться на одном из предлагаемых вариантов, хотя и другие могли быть конкурентоспособными, не говоря уже о «гораздо



Рис. 14.1-8. Г.И. Северин демонстрирует Президенту, Генеральному конструктору РКК Энергия им. С.П. Королева Ю.П. Семенову последнюю модификацию скафандра ОРЛАН-М для МКС



Рис. 14.1-9. Эмблема, размещаемая на снаряжении, изготавливаемом Звездой

лучших» решениях, возникавших уже после того, как принятый вариант начал воплощаться в металл и проходить испытания. История развития скафандров и других разрабатываемых на Звезде систем в этом отношении похожа на историю любого другого передового вида техники, где непрерывные поиски разработчиков связаны с рождением новых идей, с периодическим

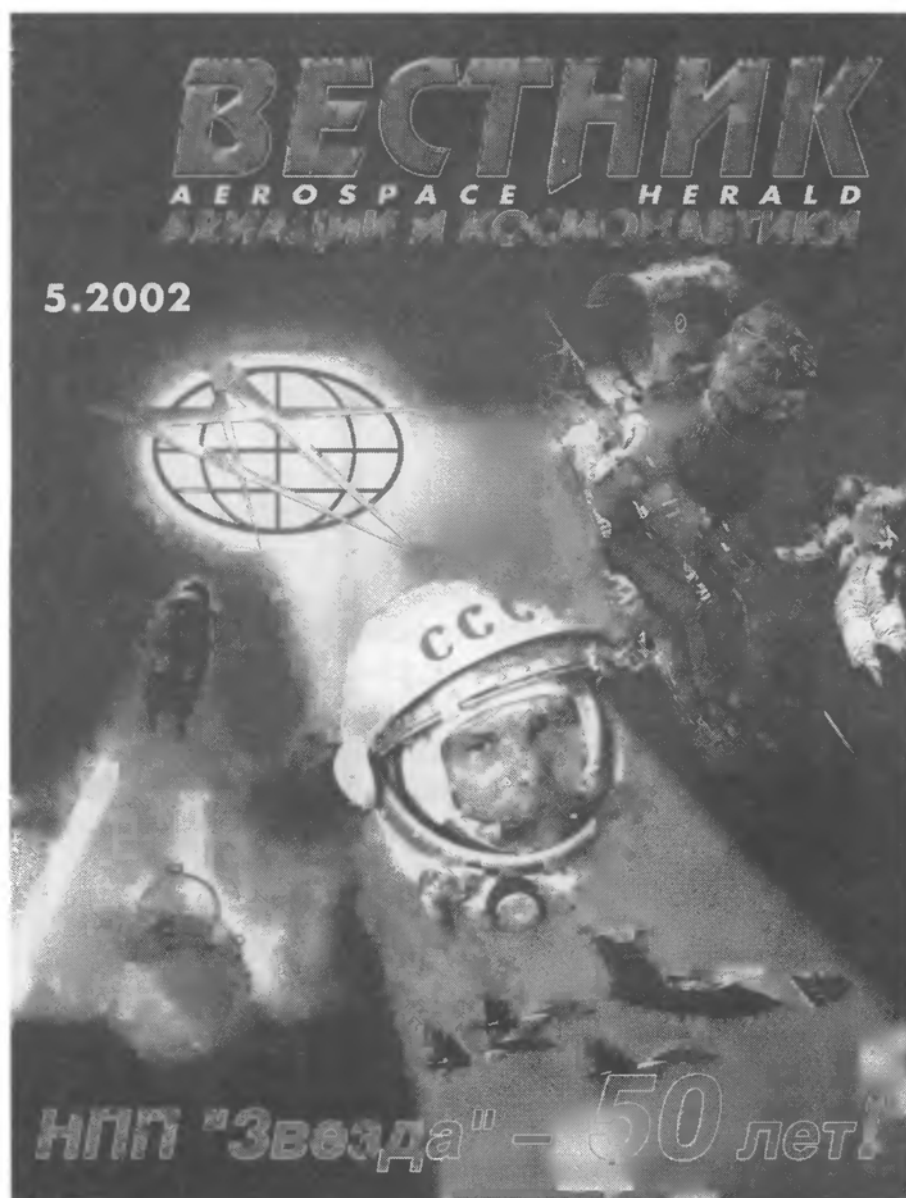


Рис. 14.1-10. Обложка журнала, посвященного 50-ти летнему юбилею Звезды



Рис. 14.1-11. Значок, выпущенный к юбилею Звезды

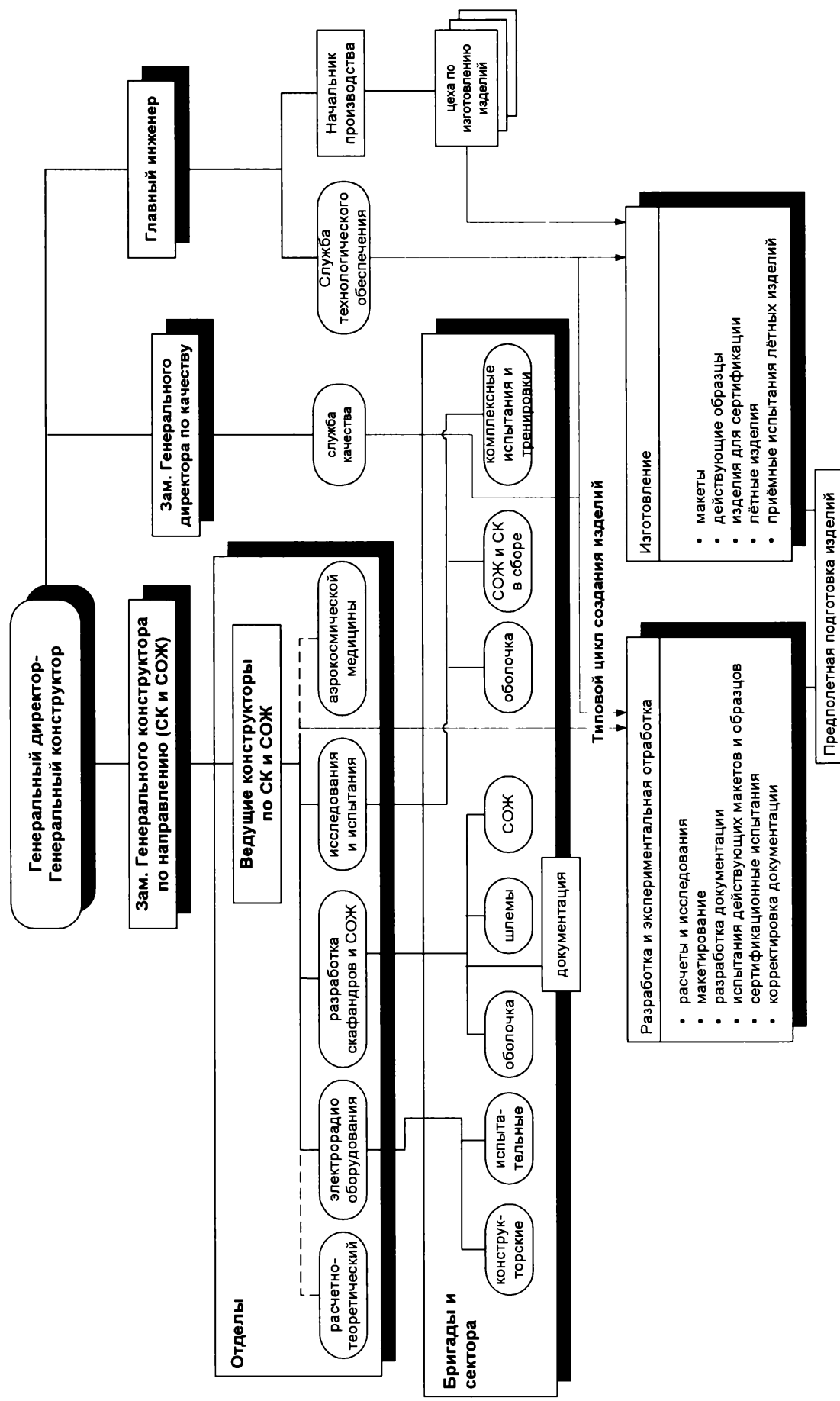


Рис. 14.2-1. Типовая структура создания космических скафандров и СОЖ на Звезде

возвратом к ранее отвергнутым решениям, возрождение которых в новых условиях дает иногда неожиданный эффект.

В таких условиях на Звезде своеобразную роль приобрела фигура «ведущего по теме» (изделию), то есть ведущего конструктора, осуществляющего техническое руководство и координацию работ по конкретному проекту или его части. Ведущий конструктор по теме как правило является сотрудником головного отдела-разработчика изделия в целом, а по технике подчиняется заместителю Генерального конструктора по направлению. На Звезде ведущий конструктор по теме — это в большинстве случаев «крестный отец» изделия или комплекса, замыкающий на себя множество связей, выдерживающий воздействия «снизу» и «сверху», облекающий идеи в решения, для принятия которых далеко не всегда достаточно его собственных полномочий. В большинстве случаев окончательные решения принимаются руководством предприятия, но иногда для их реализации требуются даже постановления правительственных органов.

Поэтому, называя в этой книге имена создателей скафандров, мы имеем в виду, прежде всего, тех из них, кто выполнял функции ведущего конструктора разработки (проект-менеджера — в западной терминологии) или руководил работами, выполняемыми отдельными конструкторскими или испытательными группами. В большинстве случаев, не кривя душой, этих людей можно считать и основными авторами заложенных в их изделия технических решений.

В рамках данной книги невозможно назвать поименно всех сотрудников предприятия, внесших неоценимый вклад в его развитие и в создание изделий. Поэтому ниже мы ограничимся лишь краткими сведениями об основных наиболее активных участниках разработок космических скафандров и связанных с ними систем или внесших наиболее существенный вклад в их создание.

Абрамов Исаак Павлович

Родился 17.12.1926 г. Окончил Московское Высшее техническое училище им. Баумана. Работал с 1950 по 1955 год на заводе Респиратор г. Орехово-Зуево, изготавливающим кислородное оборудование для самолетов, конструктором, затем начальником сборочного цеха. С 1955 г работает на Звезде конструктором, затем начальником конструкторской бригады (с 1958 г.), ведущим конструктором (с 1963 г.), главным специалистом и затем заместителем Генерального конструктора (с 1995 года по 2004 год) В настоящее время — Главный научный советник. Непосредственный участник, затем руководитель разработки СОЖ и систем в целом всех космических скафандров, созданных на Звезде, а также системы шлюзования для корабля *Восход-2*. Руководитель работ от Звезды при создании скафандра СК ВКД-2000 совместно с ЕКА и по работам с НАСА (по 2003 год). Участник подготовки на космодроме изделий Звезды для большинства первых космических полетов, начиная с полета Ю. А. Гагарина.

Кандидат технических наук, действительный член Международной Академии космонавтики, автор ряда публикаций по космическим скафандрам и СОЖ.

Алексеев Семен Михайлович (24.12. 1909 — 04.02.1993 гг.)

Окончил Московский Авиационный институт в 1935 году. Начал работу в авиационной промышленности с 1929 года сначала конструктором в ОКБ А. Н. Туполева, затем начальником конструкторской бригады в ОКБ С. В. Ильюшина (с 1933 г.). С 1939 года работал ведущим конструктором, начальником конструкторского отдела (1942 г.) и с 1943 г. по 1946 г. Заместителем Главного конструктора ОКБ С. А. Лавочкина. С 1946 г. по 1948 г. в ОКБ-21 в г. Горьком руководил разработкой нового самолета. С 1950 г. по 1952 г. работал начальником производственного комплекса ЛИИ.

После организации завода № 918 с 1952 г. по 1964 г. был руководителем и Главным конструктором предприятия. Под его руководством разработан ряд образцов авиационного снаряжения, скафандров, катапультных кресел и другого оборудования для самолетов. В 1957–64 годах под его руководством на предприятии разработано катапультное кресло и скафандр для космонавтов кораблей *Восток*, а также оборудование для исследований жизнедеятельности животных в суборбитальных и орбитальных полетах. С 1964 по 1971 год С. М. Алексеев работал заместителем Главного конструктора предприятия.

Алексеев Анатолий Васильевич

Родился 03.04.1944 г. Окончил Московский авиационный институт в 1967 г. С 1972 года работает на Звезде сначала ведущим инженером по испытаниям, затем начальником сектора и руководителем подготовки изделий Звезды на космодроме, а также тренировок на Звезде космонавтов в скафандрах для МКС.

Альбац Евгений Александрович

Родился 12.11.1957 г. Окончил Московский авиационный институт. Работает на Звезде с 1980 года конструктором, затем ведущим конструктором (с 1994 г.) и с 2003 года заместителем начальника конструкторского отдела по разработке авиационных и космических скафандров и систем жизнеобеспечения. Активный участник разработки СОЖ скафандров, в настоящее время ведущий конструктор СОЖ скафандра ОРЛАН-М и руководитель работ по совместным с НАСА работам по скафандрам для МКС. Лично участвовал в испытаниях скафандров как испытатель.

Барер Арнольд Семенович.

Родился 26.09.1927 г. Окончил Московский медицинский институт. С 1951 г. по 1958 г. — офицер Медицинской службы ВВС Советской армии. С 1958 г. по 1960 г. — руководитель клинико-физиологической лаборатории Центрального Научно-исследовательского госпиталя ВВС СА. С 1960 г.

по 1964 г. — руководитель лаборатории исследования ускорений на Звезде. С 1964 г. — руководитель отдела авиакосмической медицины на Звезде. А.С. Барер руководит также группой медицинского сопровождения ВКД в ЦУПе.

Доктор медицинских наук, профессор, действительный член Международной академии астронавтики. Автор ряда научных трудов по авиакосмической медицине.

Бойко Александр Иванович (20.08.1906–1997 гг.)

В 1936 году окончил Московский дирижаблестроительный институт. С 1937 по 1941 год работал в ЦАГИ старшим инженером, в 1941–44 гг. — начальником группы на авиационном заводе, в 1944–46 гг. — в министерстве авиапромышленности, в 1946–53 гг. — в ЛИИ. С 1953 по 1974 год работал на Звезде, где сначала продолжил начатую в ЛИИ разработку высотных скафандров типа ВСС, затем был ведущим конструктором скафандра ВОРКУТА. Участник создания скафандра для кораблей *Восток*, в конструкции которых использованы элементы скафандров его разработки. Один из пионеров разработки высотных скафандров в СССР.

Гершкович Александр Миронович (14.06.1912–1988 гг.)

После окончания Московского авиационного института работал в ЛИИ, занимаясь исследованиями в области систем кондиционирования воздуха в кабинах самолетов. С января 1953 года работал на Звезде начальником конструкторской бригады по СОЖ, затем заместителем начальника отдела и ведущим конструктором. Под его руководством разработан ряд систем жизнеобеспечения для авиационных скафандров, являлся ведущим конструктором скафандров для кораблей *Восток*. В последующие годы занимался разработкой систем кондиционирования для авиационного защитного снаряжения.

Дергунов Николай Иванович.

Родился 30.04.1946 г. Окончил Московский авиационный институт. Работает на Звезде с 1969 года конструктором, затем начальником конструкторской бригады (с 1977 г.) и начальником конструкторского отдела по разработке авиационного снаряжения и скафандров (с 1989 г.). При его непосредственном участии и руководстве проводились работы по космическим скафандрам типа ОРЛАН и СОКОЛ КВ-2. С 2004 г. заместитель Генерального конструктора — Директор программ по авиационной тематике гражданского назначения и гражданской продукции.

Дудник Михаил Николаевич

Родился 16.04.1938 г. Окончил Московский институт химического машиностроения в 1960 г. Работает на Звезде с 1960 года. Участник разработки СОЖ скафандров для космонавтов кораблей *Восток* и *Союз*. В 1964–65 гг. исполнял обязанности ведущего конструктора шлюзовой камеры ВОЛГА для

корабля *Восход-2*. С 1966 г. по 1972 г. был руководителем группы, затем начальником конструкторской бригады перспективного проектирования. В период разработки советского лунного проекта был одним из основных разработчиков принципиальной схемы СОЖ скафандров КРЕЧЕТ и ОР-ЛАН. С 1972 года и по настоящее время является ведущим конструктором по авиационным кислородным дыхательным системам. В настоящее время руководит разработкой авиационных кислородных систем нового поколения.

Зельвинский Александр Львович (14.05.1920–1980 гг.)

С 1942 года после окончания МАИ работал в ОКБ А. Н. Туполева в Омске и затем в Москве. На Звезде работал с декабря 1952 г. сначала инженером-конструктором, затем (с января 1954 года) начальником конструкторской бригады по оболочкам скафандров и с июня 1958 г. по 1972 г. — начальником конструкторского отдела. С 1972 г. по 1980 г. он работал ведущим конструктором по авиационной тематике. Под руководством А. Л. Зельвинского в конструкторском отделе были разработаны оболочки ряда авиационных скафандров, а также космические скафандры для кораблей *Восток*, *Восход-2*, *Союз-4* и *Союз-5* и лунной программы.

Кубарь Феликс Васильевич

Родился 23.03.1933 г. Окончил Московское Высшее техническое училище им. Баумана. Работает на Звезде с 1957 года сначала инженером по испытаниям, с 1965 года — руководителем сектора, с 1972 года заместителем начальника отдела испытаний авиационного и космического снаряжения и СОЖ. Активный участник испытаний систем всех космических скафандров, разработанных на Звезде. Внес большой вклад в решение проблем терморегулирования для СОЖ скафандров.

Кучевецкий Давид Вениаминович (08.02.1927–1987 гг.)

Работал на Звезде с 1953 года после окончания Московского авиационного института сначала инженером-конструктором, а с 1962 по 1986 гг. начальником конструкторской бригады по разработке СОЖ для авиационных и космических скафандров. Активный участник разработки СОЖ всех космических скафандров, разработанных Звездой к середине 80-х годов.

Михайлов Борис Васильевич

Родился 10.11.1929 года. Окончил Московский авиационный технологический институт. На Звезде работает с 1952 года сначала конструктором, затем с 1955 года начальником высотной испытательной лаборатории и с 1964 года начальником отдела испытаний авиационного и космического снаряжения и систем жизнеобеспечения. С 1964 по 1993 год руководил проведением на Байконуре предстартовых работ по системам Звезды при запуске почти всех пилотируемых кораблей, орбитальных станций и их модулей.

Парадизов Герман Степанович

Родился 05.01.1938 г. Окончил Московский авиационный институт. С 1960 года работает на Звезде конструктором, затем начальником конструкторской бригады и ведущим конструктором. Активный участник разработки авиационных и космических скафандров, ведущий конструктор разработки авиационного скафандра БАКЛАН. В настоящее время — ведущий конструктор по скафандру СОКОЛ КВ-2.

Поздняков Сергей Сергеевич

Родился 26.12.1954 г. Окончил Московское высшее техническое училище им. Баумана. Работает на Звезде с 1978 г. конструктором, затем начальником конструкторской бригады и ведущим конструктором (с 1990 г.), главным специалистом (с 2000 г.), заместителем Генерального конструктора (с 2002 г.). Активно участвовал в разработке агрегатов СОЖ скафандров типа ОРЛАН, являлся ведущим конструктором разработки средства самоспасения космонавтов (Сейфера). С 2003 г. — Первый заместитель Генерального директора и Генерального конструктора Звезды. С 2004 г. также Директор программ по космической тематике.

Сверщек Виталий Иванович

Родился 07.01.1932 года. С 1957 года после окончания Московского энергетического института работал на Звезде сначала старшим инженером испытательного отдела, затем начальником бригады и заместителем начальника этого отдела. С 1972 года — заместитель Главного конструктора, а затем (по 2003 год) — Первый заместитель Генерального директора и Генерального конструктора Звезды. Непосредственный участник и руководитель проведения исследований и испытаний, а затем и разработок космических скафандров и их систем, созданных Звездой. Участник подготовки к полету Ю.А. Гагарина и других космонавтов кораблей *Восток*.

Кандидат технических наук, действительный член Международной Академии астронавтики.

Северин Гай Ильич

Родился 24.07.1926 г. Окончил Московский авиационный институт в 1949 г. С 1947 года работал в ЛИИ, занимаясь исследованиями и летными испытаниями средств спасения экипажей летательных аппаратов и систем заправки самолетов топливом в полете. Коллективом специалистов ЛИИ под руководством Северина были разработаны принципы и действующие прототипы средств приземления и покидания ракеты-носителя космонавтами кораблей *Восток*. С 1964 года — Главный конструктор, Генеральный конструктор, а затем Генеральный директор и Генеральный конструктор Звезды. Под его руководством разработаны скафандры, системы жизнеобеспечения и средства аварийного покидания всех космических кораблей и орбитальных станций, начиная с кораблей *Восход*, шлюзовая камера корабля *Восход-2*,

установка для маневрирования и перемещения космонавтов в открытом космосе, а также ряд других систем и изделий Звезды. Участник подготовки к полету Ю. А. Гагарина и других космонавтов кораблей *Восток*, *Восход* и *Союз*.

Г. И. Северин — академик Российской Академии Наук, доктор технических наук, профессор, действительный член Международной академии астронавтики, автор ряда публикаций по средствам спасения и космическим скафандрам.

Скоморовский Илья Израилевич (1926–1987 гг.)

Окончил Московский авиационный институт. С июня 1953 до 1987 года работал на Звезде конструктором, ведущим конструктором, начальником лаборатории по электрорадиооборудованию. Внес большой вклад в разработку и испытания электрорадиосистем для авиационных и космических скафандров. Активный участник создания системы шлюзования для первого выхода в открытый космос из корабля *Восход-2*.

Смотриков Олег Иванович (22.05.1937–03.08.1988 гг.)

Окончил Московский институт химического машиностроения.

Работал на Звезде с 1959 года сначала конструктором, затем (с 1963 г. по 1972 г.) заместителем начальника конструкторского отдела, с 1972 по 1980 гг. начальником конструкторского отдела, с 1980 г. по 1988 г. заместителем Главного конструктора. Участник разработки СОЖ скафандров для космонавтов кораблей *Восток* и *Союз*. В 1964–65 гг. являлся координатором разработки шлюзовой камеры и скафандра для корабля *Восход-2*.

Погиб в автокатастрофе.

Стоклицкий Анатолий Юделевич

Родился 10.05.1929 г. Окончил Московский авиационный институт. Работает на Звезде с 1953 года в области создания авиационных и космических скафандров: с 1953 по 1959 гг. — инженер-конструктор, с 1959 г. — начальник конструкторской бригады, с 1961 г. — ведущий конструктор и главный специалист. Руководитель разработки всех космических скафандров (в части оболочек), применявшихся на кораблях типа *Союз*, *Буран*, орбитальных станций *Салют*, *Мир* и *МКС*. Один из авторов конструктивной схемы полужесткого скафандра для советского лунного проекта, на базе которой созданы в последующем все советские/российские скафандры типа ОРЛАН для работы в открытом космосе. Автор ряда публикаций по космическим скафандрам.

Кандидат технических наук (1965 г.), член-корреспондент Международной Академии Астронавтики.

Уманский Семен Петрович

Родился 09.05.1909 года. В 1933–52 гг. работал инженером-конструктором, затем ведущим конструктором в ЦАГИ, в КБ С. А. Лавочкина, ЛИИ. После создания завода № 918 с конца 1952 года в течение года работал

заместителем Главного конструктора и начальником конструкторского бюро. С 1954 по 1977 гг. — ведущий конструктор по нескольким типам авиационных скафандров и по космическому скафандру ОПЕЛ. Автор ряда публикаций по космической технике.

Ушинин Владимир Владимирович

Родился 23.06.1935 г. Окончил Московский Авиационный институт в 1959 году. Работает на Звезде с 1959 года инженером-конструктором, с 1965 года — начальником конструкторской бригады, основной вид деятельности которой – разработка оболочек космических и авиационных скафандров. Ведущий конструктор скафандра космонавта корабля *Восход-2*, участник разработки скафандров для кораблей *Восток*, *Союз* и скафандров советской лунной программы. С 1974 года ведущий конструктор по разработке защитного снаряжения и кислородного оборудования для летчиков ВВС.

Ценципер Захар Борисович (03.07.1904–1981 гг.)

В 1930 году окончил Московский химико-технологический институт имени Менделеева. С 1930 по 1952 годы работал главным механиком, главным инженером и ведущим инженером на заводах авиационной промышленности и в Научно-исследовательском институте авиационных материалов. С сентября 1953 года по март 1978 года работал на Звезде начальником конструкторской бригады по поиску и разработке новых материалов для скафандров и других изделий. Внес большой вклад в создание всех космических скафандров и другого снаряжения, разработанного Звездой (до 1981 г.).

Чистяков Иван Иванович

Родился 18.06.1930 г. Окончил Московский энергетический институт в 1959 г. С 1959 года работает на Звезде конструктором по электрооборудованию, затем начальником конструкторской бригады, а с 1966 года ведущим конструктором. Внес большой вклад в разработку систем электрорадиоборудования практически всех космических скафандров созданных на Звезде, активно участвовал в создании системы шлюзования для первого выхода в открытый космос.

Шарилов Ринат Хасанович

Родился 8.09.1938 г. Окончил Московский энергетический институт. Работает на Звезде с 1961 года сначала конструктором, а затем ведущим конструктором (с 1983 г.) и главным специалистом. Активный участник разработки СОЖ скафандров для космонавтов кораблей *Союз* и всех последующих кораблей и орбитальных станций. Выполнил большое количество конструкторских и научно-исследовательских работ по созданию систем терморегулирования СОЖ космических скафандров и поныне остается ведущим специалистом в данной области.

Кандидат технических наук.

Элбакян Арам Цолакович

Родился 04.09.1938 года. После окончания Московского Высшего технического училища им. Баумана с 1961 года работает на Звезде инженером по испытаниям авиационного и космического оборудования, в том числе скафандров для кораблей *Восход*, *Союз* и скафандров советского лунного проекта. С 1972 года начальник сектора испытаний скафандров для работы в открытом космосе. Активный участник исследований и разработок СОЖ всех космических скафандров. Лично участвовал в испытаниях скафандров как испытатель.

Кроме названных в этом разделе специалистов, можно отметить также активно участвовавших в создании космических скафандров (работавших на Звезде ранее или работающих в настоящее время) начальника расчетно-теоретического отдела В. Г. Гальперина и затем сменившего его А. Н. Лившица, руководителя разработок новых материалов В. И. Стрельцову (сменившую З. Б. Ценципера), Б. С. Бравермана — начальника конструкторской бригады по агрегатам СОЖ, начальника конструкторской бригады по оболочкам скафандров О. Н. Баусина, начальника конструкторской бригады по СОЖ Кудрявцева В. А., начальника конструкторской бригады по гермошлемам С. А. Иванова, специалистов по электрооборудованию — начальника отдела С. Г. Косичкина, начальника бригады Б. Х. Левова, начальника испытательного сектора Н. К. Непотенко, специалистов по прочности Н. П. Стрекозова, В. А. Наумова и А. А. Клинцева, начальников секторов отдела испытаний скафандров и СОЖ В. В. Шувалова и В. В. Цехова, старейших инженеров-конструкторов В. П. Горюшева и О. Ф. Герасименко, а также ведущего конструктора В. А. Фролова (по УПМК), ведущего инженера Ф. А. Востокова.

Нельзя не отметить также заслуги других ведущих специалистов конструкторских и испытательных отделов, отдела авиакосмической медицины и многих испытателей.

Большой вклад в создание скафандров внесли также производственные и другие службы предприятия, Исполнительный директор Н. И. Афанасенко, Главные инженеры А. А. Мискарьян и В. М. Миронов, зам. главного инженера Ф. С. Тимохин, Главный технолог А. В. Благов, Главный металлург И. И. Аскерко (в настоящее время — Главный инженер), заместитель начальника производства А. И. Мордвинов, начальник испытательной лаборатории И. А. Милосердов и многие другие.

Следует назвать также работавших совместно со Звездой наиболее активных участников разработки космических скафандров из других организаций и предприятий.

Это прежде всего специалисты из РКК Энергия И. В. Лавров, Е. Н. Зайцев, Е. П. Демин, Б. В. Разгулин, С. Ю. Романов, А. П. Александров, О. С. Цыганков, сотрудники ВНИИЭМ С. А. Стома, И. А. Вевюрко, Ю. В. Разумовский (электродвигатели вентилятора и насоса), ТамбовНИХИ Л. А. Гавриков, В. Н. Шубина (патроны поглощения CO_2), СКБАП (сейчас «Анагаз») Д. М. Шей-

нин, М. В. Акимов (измерительный комплекс), ОЗКБКО П. И. Зима, Е. Нестеров, В. Я. Терещенко, Е. И. Яковлев (агрегаты кислородного оборудования), специалисты по материалам для скафандров Э. Ф. Гусейнов, М. Г. Донченко (ткани для оболочек скафандров), М. Вдовченкова, В. И. Носова, С. Г. Клавдиенко, А. Л. Власов (резиновые детали, оболочки и прорезиненные ткани), М. М. Гудимов (светофильтр) и др.

Большой вклад в создание космических скафандров внесли также представители ВВС В. А. Смирнов, С. Г. Фролов, Ю. Д. Килосанидзе, В. Д. Дубров, Н. В. Князев, Б. В. Федоров, сотрудники НИИАМ Л. Г. Головкин и А. М. Генин, представители Центра подготовки космонавтов, многие космонавты и другие специалисты.

Сформировавшийся на предприятии высокопрофессиональный коллектив ученых, конструкторов, производственников, испытателей, созданная уникальная лабораторная база и специализированное производство, а также сложившиеся принципы работы, позволили создать школу Звезды, содержащую всесторонний комплексный подход к решаемой проблеме и волю к решению проблемы полностью, даже если это требует разработки нетрадиционных технических средств и методов.

Статистика использования космических скафандров

15.1. Судьба космических скафандров

В течение более чем сорокалетней истории Советско-Российской пилотируемой космонавтики в процессе разработки, испытаний, тренировок и для штатного использования было изготовлено свыше 700 (на 15.09.2004 г.) космических скафандров. Из них более половины использовалось в полетах. Что касается спасательных скафандров (*Восток* и *Союз*), то все запускаемые скафандры были возвращены на Землю с соответствующими космонавтами, для которых они были изготовлены и на которых они были подогнаны по размерам.

Если же обратиться к летным скафандрам для ВКД (БЕРКУТ, ЯСТРЕБ и семейство ОРЛАНов), то здесь ситуация другая. Космические скафандры, применявшиеся на корабле *Восход-2* были двойного назначения: для выхода в космос и спасательные, поэтому они были возвращены на Землю после использования. Скафандры ЯСТРЕБ кораблей *Союз-4* и *Союз-5* использовались только для ВКД и предназначались лишь для одного полета. Они оставались в бытовом отсеке корабля и сгорали вместе с ним при входе в плотные слои атмосферы. Скафандры, используемые во время операций на станциях *Салют-6*, *Салют-7*, *Мир* и *МКС* (скафандры типа ОРЛАН), были спроектированы для постоянного пребывания на орбите, где они могли подгоняться по росту, обслуживаться и ремонтироваться. По окончании ресурса эти скафандры размещались в капсулах *Прогресса* и сгорали вместе с ними при входе в земную атмосферу или уничтожались вместе со станцией.

За все время эксплуатации на *Мире* только один скафандр ОРЛАН-ДМА № 18 был возвращен на Землю (на корабле *Шаттл* в 1996 году), когда Звезда совместно с представителями НАСА провела тщательное исследование его состояния и испытания элементов оболочки и СОЖ. При этом была определена работоспособность элементов скафандра, физико-механические показатели материалов и степень их износа. После проведения указанных исследований этот скафандр был доработан и использовался для экспериментальных работ. При необходимости также возвращались на Землю для исследований отдельные фрагменты оболочки скафандров и агрегаты СОЖ, поврежденные или отказавшие в процессе эксплуатации.

Иногда на Землю возвращались перчатки скафандров, как сувениры, принадлежавшие космонавтам.

Количество изготовленных скафандров (на 15 сентября 2004 г.)

Наименование скафандра	Назначение	Количество
СК-1	Испытания	20
	Тренировка	11
	Летные	9 ^{*)}
СК-2	Испытания	4
	Тренировка	2
	Летные	2
Беркут	Испытания и тренировки	9
	Летные	4
Ястреб	Испытания и тренировки	18
	Летные	6
СКВ	Испытания	5
Кречет	Испытания	3
Кречет-94	Испытания и тренировки	22
	Летные	0
Орел	Испытания	3
Орлан	Испытания и тренировки	11
	Летные	0
Орлан-Д	Испытания и тренировки	27
	Летные	7
Орлан-ДМ	Испытания и тренировки	5
	Летные	5
Орлан-ДМА	Испытания и тренировки	16
	Летные	12
Орлан-М	Испытания и тренировки	21
	Летные	9
Сокол-К	Испытания и тренировки	66
	Летные	89
Сокол-КВ	Испытания и тренировки	6
Сокол КВ-2	Испытания и тренировки	65
	Летные	234
Стриж	Испытания и тренировки	27
	Летные	4
СК ВКД 2000	Испытания	2

^{*)} Примечание: 2 изделия для манекенов и 7 для космонавтов.

15.2. Местонахождение скафандров-экспонатов

Космические скафандры всегда были предметами высшей степени важности для рекламы и выставок, что широко использовалось организаторами выставок. Сегодня известно местонахождение лишь части скафандров-экспонатов и места их нахождения.

После изменения обстановки в Российской Федерации в 1990 году многие скафандры, бывшие в распоряжении Звезды, ЦПК, местных музеев, выставок и учебных заведений были проданы на аукционах или непосредственно частным фирмам, коллекционерам. Часть из них была подарена космонавтам или музеям на их Родине. Всего в СССР было примерно 60 мест размещения экспонатов.

В связи с этим установить точное место нахождения скафандров, экспонировавшихся на многочисленных выставках и салонах, находящихся в учреждениях и учебных заведениях, имеющих в частных коллекциях, сегодня не представляется возможным.

Естественно, что наибольшую историческую ценность представляют лётные скафандры и другие экспонаты, возвращенные на Землю — «соучастники» эпохальных этапов в освоении космического пространства. К ним относятся:

- Манекены «Иван Иванович», совершившие первые космические полеты в скафандрах СК-1 на кораблях *Восток* до полета Ю. А. Гагарина.
- Скафандр СК-1 — первого космонавта Ю. А. Гагарина.
- Скафандр СК-2 — первой женщины-космонавта В. В. Терешковой.
- Скафандр БЕРКУТ — космонавта А. А. Леонова, первого из людей, вышедших в открытое космическое пространство из корабля *Восход-2*.
- Скафандр БЕРКУТ — командира корабля *Восход-2* П. Беляева.

Из числа перечисленных экспонатов один «Иван Иванович» со скафандром СК-1 находится в музее РКК Энергия, второй продан на аукционе «Сотбис», его местонахождение неизвестно.

Остальные вышеуказанные скафандры находятся в музее Звезды, п. Томилино (кроме скафандра БЕРКУТ П. Беляева, находящегося в музее РКК Энергия).

Приложение 1

Статистика по выходам в открытый космос в советских/российских скафандрах (на 15.09.2004 г.)

Но- мер ВКД	Тип ОС (КК)	Члены экипа- жа, выполн. ВКД	Дата ВКД ¹	Тип СК	№№ СК	Вре- мя ВКД ²	Основное содержание работ
1.	Восход-2	А.А. Леонов	18.03.65	БЕРКУТ, ранец КП-55, аварийный кислород, электро- питание и радиосвязь по фалу.		0:12	Первый выход человека в открытый космос, первое использование мягкого надувного шлюза. Отход от КК на 5 м.
2.	Союз-5/4	А.С. Елисеев Е.В. Хрунов	16.01.69	ЯСТРЕБ, ра- нец РВР-1П, электрофал		0:37	Первый переход экипажа из одного КК в другой че- рез открытый космос
3.	Салют-6	Ю.В. Романенко Г.М. Гречко	20.12.77	ОРЛАН-Д	33, 34	1:28	Осмотр стыковочного узла орбитальной стан- ции и ее внешней повер- хности (Романенко Ю.В. находился в разгермети- зированном шлюзовом отсеке). Впервые применен ска- фандр полужесткого типа
4.	Салют-6	В.В. Коваленко А.С. Иванченков	29.07.78	ОРЛАН-Д	33, 34	2:05	Снятие образцов, экспо- нировавшихся в откры- том космосе, и установка новых образцов
5.	Салют-6	В.А. Ляхов В.В. Рюмин	15.08.79	ОРЛАН-Д	33, 34	1:23	Незапланированный вы- ход и переход на торец станции для отцепки от нее неотделившейся ан- тенны радиотелескопа. Демонтаж научной аппа- ратуры

¹ Дата открытия люка для осуществления ВКД или дата начала снижения дав-
ления в шлюзе или разгерметизированном отсеке ниже 400 гПа (для IVA).

² Время ВКД определяется от момента открытия до момента закрытия люка
или по времени пребывания в разгерметизированном отсеке с давлением ниже
400 гПа (для IVA).

Но- мер ВКД	Тип ОС (КК)	Члены экипа- жа, выполн. ВКД	Дата ВКД	Тип СК	№№ СК	Вре- мя ВКД	Основное содержание работ
6.	Салют-7	А.Н. Березовой В.В. Лебедев	30.07.82	ОРЛАН-Д	45, 46	2:33	Демонтаж и частичная замена образцов и научной аппаратуры. Технологические операции по оценке эффективности использования различных типов механических соединений
7.	Салют-7	В.А. Ляхов А.П. Александров	01.11.83	ОРЛАН-Д	45, 46	2:50	Установка на станции дополнительной солнечной батареи. Ремонт космонавтами гермооболочки скафандра № 46 на борту станции
8.			03.11.83	ОРЛАН-Д	45, 46	2:55	Установка второй дополнительной солнечной батареи
9.	Салют-7	Л.Д. Кизим В.А. Соловьев	23.04.84	ОРЛАН-Д	45, 47	4:15	Установка трапа и другого оборудования и подготовка рабочего места для последующего ремонта гидросистемы объединенной двигательной установки
10.			26.04.84	ОРЛАН-Д	45, 47	5:00	Работы по ремонту этой гидросистемы
11.			29.04.84	ОРЛАН-Д	45, 47	2:45	Продолжение работ
12.			04.05.84	ОРЛАН-Д	45, 47	2:45	Окончание работ
13.			18.05.84	ОРЛАН-Д	45, 47	3:05	Установка дополнительных панелей солнечной батареи
14.	Салют-7	В.А. Джанибеков С.Е. Савицкая	25.07.84	ОРЛАН-Д		3:35	Первый выход женщины в открытый космос. Работа с универсальным ручным (в том числе сварочным) инструментом. Снятие образцов с внешней поверхности станции
15.	Салют-7	Л.Д. Кизим В.А. Соловьев	08.08.84	ОРЛАН-Д	45, 47	5:00	Пережатие (сплющивание) трубопровода гидросистемы на торце агрегатного отсека станции. Демонтаж фрагмента солнечной батареи для доставки на Землю
16.	Салют-7	В.А. Джанибеков В.П. Савиных	02.08.85	ОРЛАН-ДМ	10, 8	5:00	Монтаж дополнительных панелей на третьей солнечной батарее. Использование модифицированного скафандра

Но- мер ВКД	Тип ОС (КК)	Члены экипа- жа, выполн. ВКД	Дата ВКД	Тип СК	№№ СК	Вре- мя ВКД	Основное содержание работ
17.	Салют-7	Л.Д. Кизим В.А. Соловьев	28.05.86	ОРЛАН-ДМ	10, 8	3:50	Отработка методов сбор- ки крупногабаритных конструкций с использо- ванием шарнирно-решет- чатой фермы
18.			31.05.86	ОРЛАН-ДМ	10, 8	5:00	Продолжение работ по отработке методов сборки крупногабаритных кон- струкций
19.	Мир	Ю.В. Романенко А.И. Лавейкин	11.04.87	ОРЛАН-ДМ	7, 9	3:40	Незапланированный вы- ход для устранения пос- тороннего предмета, пре- пятствующего полной со- стыковке модуля <i>Квант</i> со станцией
20.			12.06.87	ОРЛАН-ДМ	7, 9	1:53	Установка солнечной бата- реи раздвижной фермен- ной конструкции и двух секций фотоэлектричес- ких преобразователей
21.			16.06.87	ОРЛАН-ДМ	7, 9	3:15	Окончание установки солнечной батареи и раз- движка ферм. Установка образцов для научных ис- следований
22.	Мир	В.Г. Титов М.Х. Манаров	26.08.88	ОРЛАН-ДМ	7, 9	4:25	Монтаж эксперименталь- ной солнечной батареи, установка образцов для научных исследований
23.			30.06.88	ОРЛАН-ДМ	7, 9	5:10	Замена блока-детектора рент- геновского телескопа моду- ля <i>Квант</i> . Работа не закон- чена из-за поломки пред- назначенного для съема блока приспособления
24.	Мир	В.Г. Титов М.Х. Манаров	20.10.88	ОРЛАН-ДМА	6, 10	4:12	Окончание замены блока- детектора рентгеновского телескопа модуля <i>Квант</i> . Первый этап оценки мо- дифицированных ска- фандров (используя элект- ропитание от систем станции по кабелю)
25.	Мир	А.А. Волков Ж.Л. Кретьен (Франция)	09.12.88	ОРЛАН-ДМА	6, 10	6:00	Проведение эксперимен- тов по советско-француз- ской программе «Арагац». Монтаж и раскрытие ферменной конструкции, установка панели с образ- цами для изучения влия- ния факторов открытого космического простран- ства на материалы

Но- мер ВКД	Тип ОС (КК)	Члены экипа- жа, выполн. ВКД	Дата ВКД	Тип СК	№№ СК	Вре- мя ВКД	Основное содержание работ
26.	Мир	А.С. Викторенко А.А. Серебров	08.01.90	ОРЛАН-ДМА	6, 10	2:56	Установка на поверхно- сти двух звездных датчи- ков, предназначенных для повышения точности системы ориентации ком- плекса
27.			11.01.90	ОРЛАН-ДМА	6, 10	2:54	Установка научной аппа- ратуры на модуле <i>Квант</i> . Снятие образцов, подго- товка переходного отсека станции к стыковке моду- ля <i>Кристалл</i>
28.			26.01.90	ОРЛАН-ДМА	12, 8	3:02	Первый выход из шлю- зового отсека модуля <i>Квант-2</i> . Испытания модифицированных ска- фандров в автономном режиме без электрофала, установка снаружи моду- ля дополнительного обо- рудования
29.			01.02.90	ОРЛАН-ДМА	12, 8	4:59	Первый выход без ис- пользования электрофа- ла. Космонавтом А.А. Се- ребровым впервые про- ведена отработка УПМК с отходом от поверхности станции на 33 м.
30.			05.02.90	ОРЛАН-ДМА	12, 8	3:45	Повторение космонавтом А.С. Викторенко экспери- ментов с УПМК по услож- ненной программе с ото- дом от станции на 45 м.
31.	Мир	А.Я. Соловьев А.Н. Баландин	17.07.90	ОРЛАН-ДМА	12, 8	7:00	Проведение осмотра и ре- монт поврежденной теп- лоизоляции на поверх- ности корабля <i>Союз-ТМ9</i> . При обратном входе не полностью закрылся люк ШО. Возврат на станцию осуществлен с разгер- метизацией приборно- научного отсека модуля <i>Квант-2</i>
32.			26.07.90	ОРЛАН-ДМА	12, 8	3:52	Демонтаж части оборудо- вания на внешней повер- хности модуля <i>Квант-2</i> , осмотр поврежденных элементов люка. Люк уда- лось загерметизировать и создать давление в шлю- зовом отсеке

Но- мер ВКД	Тип ОС (КК)	Члены экипа- жа, выполн. ВКД	Дата ВКД	Тип СК	№№ СК	Вре- мя ВКД	Основное содержание работ
33.	Мир	Г.М. Манаков Г.М. Стрекалов	30.10.90	ОРЛАН-ДМА	12, 10	2:45	Попытка ремонта люка за счет установки специального приспособления. Выявилась необходимость замены одного из кронштейнов крепления оси люка
34.	Мир	В.А. Афанасьев М.Х. Манаров	07.01.91	ОРЛАН-ДМА	6, 10	5:18	Ремонт люка модуля <i>Квант-2</i> — замена кронштейна и подшипника. Снятие приборов, вынос фермы монтируемых солнечных батарей (МСБ)
35.			23.01.91	ОРЛАН-ДМА	6, 10	5:33	Установка на базовом блоке орбитальной станции грузовой стрелы (длиной 14 м.)
36.			26.01.91	ОРЛАН-ДМА	6, 10	6:20	Перенос с помощью грузовой стрелы от выходного люка ферм для МСБ и установка их на модуле <i>Квант</i>
37.			25.04.91	ОРЛАН-ДМА	6, 10	3:34	Проведение экспериментов по испытаниям оборудования для сборки больших конструкций в космосе. Осмотр поврежденной антенны, размещенной на торце модуля <i>Квант</i> , которая создала проблемы при стыковке корабля <i>Прогресс-М7</i>
38.	Мир	А.П. Арцебарский С.К. Крикалев	25.06.91	ОРЛАН-ДМА	6, 14	4:58	Ремонт поврежденной антенны на торце модуля <i>Квант</i>
39.			28.06.91	ОРЛАН-ДМА	6, 14	3:25	Установка научного оборудования, подготовка к работе грузовой стрелы
40.			15.07.91	ОРЛАН-ДМА	6, 8	5:56	Проведение подготовительных операций (подготовка рабочего места на модуле <i>Квант</i>) по программе эксперимента Софора, цель которого — отработка новых методов сборки в космосе крупногабаритных конструкций с использованием термомеханических соединений
41.			19.07.91	ОРЛАН-ДМА	6, 8	5:28	Установка рабочей площадки, стапеля и начало сборки ферменной конструкции Софора

Но- мер ВКД	Тип ОС (КК)	Члены экипа- жа, выполн. ВКД	Дата ВКД	Тип СК	№№ СК	Вре- мя ВКД	Основное содержание работ
42.	Мир	А.П. Арцебарский С.К. Крикалев	23.07.91	ОРЛАН-ДМА	6, 8	5:42	Продолжение сборки ферменной конструкции Софора
43.			27.07.91	ОРЛАН-ДМА	6, 8	6:49	Окончание работы по эксперименту Софора — собрана и установлена в рабочее положение ферменная конструкция длиной 14 м.
44.	Мир	А.А. Волков С.К. Крикалев	20.02.92	ОРЛАН-ДМА	12, 8	4:13	Установка научного оборудования на модуле <i>Квант-2</i> , снятие образцов с экспериментальной солнечной батареи
45.	Мир	А.С. Викторенко А.Ю. Калери	08.07.92	ОРЛАН-ДМА	15, 14	2:03	Прокладка вакуумного трубопровода на поверхности станции с целью обеспечения работы ги-родинов <i>Квант-2</i>
46.	Мир	А.Я. Соловьев С.В. Авдеев	03.09.92	ОРЛАН-ДМА	15, 14	3:56	Проведение подготови-тельных операций для дооснащения системы управления движением орбитального комплекса выносной двигательной установкой (ВДУ)
47.			07.09.92	ОРЛАН-ДМА	15, 14	5:08	Прокладка на ферме Со-фора кабеля для ВДУ и подстыковка разъемов к модулю <i>Квант</i>
48.			11.09.92	ОРЛАН-ДМА	15, 14	5:44	Стыковка ВДУ с фермой Софора и перевод ее в ра-бочее положение
49.			15.09.92	ОРЛАН-ДМА	15, 14	3:33	Расчеховка антенны мо-дуля <i>Кристалл</i> , снятие научной аппаратуры
50.	Мир	Г.М. Монаков А.Ф. Полищук	19.04.93	ОРЛАН-ДМА	15, 14	5:25	Подготовительные рабо-ты к переносу приводов солнечных батарей с мо-дуля <i>Кристалл</i> на модуль <i>Квант</i>
51.			18.06.93	ОРЛАН-ДМА	15, 14	4:33	Установка новой ручки на ГСТ, перенос привода солнечных батарей
52.	Мир	В.В. Циблиев А.А. Серебров	16.09.93	ОРЛАН-ДМА	25, 14	4:18	Установка фермы Рапана на модуле <i>Квант</i> . Снятие и установка образцов ма-териалов
53.			20.09.93	ОРЛАН-ДМА	15, 14	3:13	Развертывание фермы Рапана и установка науч-ного оборудования

Но- мер ВКД	Тип ОС (КК)	Члены экипа- жа, выполн. ВКД	Дата ВКД	Тип СК	№№ СК	Вре- мя ВКД	Основное содержание работ
54.	Мир	В.В. Циблиев А.А. Серебров	28.09.93	ОРЛАН-ДМА	25, 14	1:51	Снятие панелей с образ- цами и установка новых образцов конструкцион- ных материалов
55.			22.10.93	ОРЛАН-ДМА	25, 14	0:38	Эксперимент Панорама (начало работы). Выход прекращен по техниче- ским причинам
56.			29.10.93	ОРЛАН-ДМА	25, 18	4:12	Эксперимент Панорама, осмотр внешней поверх- ности станции
57.	Мир	Ю.И. Маленченко Т.А. Мусабаев	09.09.94	ОРЛАН-ДМА	25, 18	5:03	Подготовка к установке грузовой стрелы, ремонт ЭВТИ на ПхО, снятие об- разцов
58.			13.09.94	ОРЛАН-ДМА	25, 18	6:01	Установка платформы с приводом СБ, научные эксперименты
59.	Мир	В.М. Дежуров Г.М. Стрекалов	12.05.95	ОРЛАН-ДМА	27, 18	6:08	Подготовка к переносу МСБ с модуля <i>Кристалл</i> на модуль <i>Квант</i>
60.			17.05.95	ОРЛАН-ДМА	27, 18	6:54	Перенос МСБ на модуль <i>Квант</i> . Частичное рас- крытие батарей
61.			22.05.95	ОРЛАН-ДМА	27, 18	5:15	Подключение и раскры- тие МСБ. Складывание 2-ой СБ на модуле <i>Крис- талл</i>
62.	Мир (IVA)	В.М. Дежуров Г.М. Стрекалов	29.05.95	ОРЛАН-ДМА	27, 18	0:20	Перенос стыковочного конуса на узел "Z". Рабо- та на фале 25 м. внутри ПхО
63.			02.06.95	ОРЛАН-ДМА	27, 18	0:23	Перенос стыковочного ко- нуса на узел "Y". Осмотр привальной поверхности узла. Работа на фале 25 м. внутри ПхО
64.	Мир	А.Я. Соловьев А.М. Бударин	14.07.95	ОРЛАН-ДМА	27, 18	5:34	Осмотр и снятие панели № 4 солнечной батареи на модуле <i>Спектр</i> . Осмотр привальной поверхности стыковочного узла
65.			19.07.95	ОРЛАН-ДМА	27, 18	3:08	Снятие аппаратуры Трек (США) и панелей с образ- цами
66.			21.07.95	ОРЛАН-ДМА	27, 18	5:50	Установка спектромет- ра Мирас (бельгийская аппаратура) на модуле <i>Спектр</i>

Но- мер ВКД	Тип ОС (КК)	Члены экипа- жа, выполн. ВКД	Дата ВКД	Тип СК	№№ СК	Вре- мя ВКД	Основное содержание работ
67.	Мир	С.В. Авдеев Т. Райтер (Германия)	20.10.95	ОРЛАН-ДМА	18, 26	5:16	Установка научной аппара- туры ESA (экспозиция материалов). Снятие ран- нее установленных об- разцов
68.	Мир (IVA)	Ю.П. Гидзенко С.В. Авдеев	08.12.95	ОРЛАН-ДМА	25, 18	0:29	Осмотр привальной по- верхности для модуля <i>Природа</i> и перенос ко- нуса для стыковки этого модуля
69.	Мир	Ю.П. Гидзенко Т. Райтер (Германия)	08.02.96	ОРЛАН-ДМА	25, 26	3:06	Снятие старых и установ- ка новых кассет на аппа- ратуре ESA
70.	Мир	Ю.И. Онуфриенко Ю.В. Усачев	15.03.96	ОРЛАН-ДМА	25, 26	5:51	Установка 2-й грузовой стрелы по правому борту базового блока станции
71.			21.05.96	ОРЛАН-ДМА	25, 26	5:19	Перенос дополнительной СБ со стыковочного отсе- ка и установка ее на моду- ле <i>Квант</i>
72.			24.05.96	ОРЛАН-ДМА	25, 26	5:43	Подключение и развер- тывание дополнительной СБ на модуле <i>Квант</i>
73.			30.05.96	ОРЛАН-ДМА	25, 26	4:20	Установка аппарату- ры МОМС-2 на модуле <i>Спектр</i>
74.			06.06.96	ОРЛАН-ДМА	25, 26	3:36	Монтаж научного обору- дования Комза
75.			13.06.96	ОРЛАН-ДМА	25, 26	5:42	Установка и открытие оборудования Фермы-3 на модуле <i>Квант</i>
76.	Мир	В.Г. Корзун А.Ю. Калери	02.12.96	ОРЛАН-ДМА	27, 26	5:57	Прокладка эл. кабеля для дополнительной СБ на модуле <i>Квант</i> , установка оборудования Рапана на Ферме-3
77.			09.12.96	ОРЛАН-ДМА	27, 26	6:38	Установка антенны систе- мы Курс на СО. Стыковка электроразъемов к МСБ
78.	Мир	В.В. Циблиев Д. Лининджер (США)	29.04.97	ОРЛАН-М	5, 4	4:57	Установка американско- го монитора оптических характеристик, датчика радиации, съем приборов регистрации космичес- ких излучений

Но- мер ВКД	Тип ОС (КК)	Члены экипа- жа, выполн. ВКД	Дата ВКД	Тип СК	№№ СК	Вре- мя ВКД	Основное содержание работ
79.	Мир (IVA)	А.Я. Соловьев П.В. Виноградов	22.08.97	ОРЛАН-ДМА	27, 26	3:16	Выход из ПхО в негерметичный модуль <i>Спектр</i> и подключение электро-разъемов СБ модуля к разъемам базового блока. Осмотр места вероятной негерметичности модуля. Выход в фальном варианте с использованием шлангов удлинителей (по воде)
80.	Мир	А.Я. Соловьев М. Фозл (США)	06.09.97	ОРЛАН-М	5, 4	6:00	Осмотр предположительно места негерметичности с внешней стороны модуля <i>Спектр</i> . Установка дополнительных поручней
81.	Мир (IVA)	А.Я. Соловьев П.В. Виноградов	20.10.97	ОРЛАН-ДМА	27, 26	6:38	Подстыковка эл.кабелей к блокам управления СБ в модуле <i>Спектр</i> . Выход в фальном варианте с использованием шлангов удлинителей (по воде)
82.	Мир	А.Я. Соловьев П.В. Виноградов	03.11.97	ОРЛАН-М	5, 4	6:04	Снятие МСБ с модуля <i>Квант</i> и перенос ее на базовый блок. Установка заглушки в системе Воздух. Запуск действующего макета 1-го искусственного спутника Земли. Негерметичность шлюза после закрытия люка, возврат на станцию через ПНО
83.	Мир (ПНО)	А.Я. Соловьев П.В. Виноградов	06.11.97	ОРЛАН-М	5, 4	6:12	Перенос, установка и раскрытие МСБ на модуле <i>Квант</i>
84.			09.01.98	ОРЛАН-М	5, 4	3:06	Осмотр выходного люка шлюза, замер зазоров при работе замков. Снятие аппаратуры ОРМ с модуля <i>Квант</i>
85.	Мир (ПНО)	А.Я. Соловьев Д. Вулф (США)	14.01.98	ОРЛАН-М	5, 4	3:52 (в над- дутом СК 6:47)	Вынос и работа с оборудованием SPSR (США). На открытие и закрытие поврежденного люка требовалось 2:55
86.	Мир	Т.А. Мусабаев Н.М. Бударин	03.03.98	ОРЛАН-М	5, 6		Выход не состоялся, так как после снижения давления в шлюзе не смогли открыть один из дополнительных замков люка и сам люк. Нахождение в наддутом скафандре 2:30

Но- мер ВКД	Тип ОС (КК)	Члены экипа- жа, выполн. ВКД	Дата ВКД	Тип СК	№№ СК	Вре- мя ВКД	Основное содержание работ
87.	Мир	Т.А. Мусабаев Н.М. Бударин	01.04.98	ОРЛАН-М	5, 6	6:26	Подготовка к ремонтно- восстановительным рабо- там модуля <i>Спектр</i> . За- крепление поврежденной СБ на модуле
88.			06.04.98	ОРЛАН-М	5, 6	4:23	Установка фиксирующей балки на поврежденную СБ модуля <i>Спектр</i> (не успели сделать в преды- дущем выходе). Начало работ по замене ВДУ, сня- тие аппаратуры Рапана
89.			11.04.98	ОРЛАН-М	5, 6	6:25	Демонтаж и отбрасыва- ние ВДУ. Установка за- глушки на клапан систе- мы Электрон
90.			17.04.98	ОРЛАН-М	4, 6	6:33	Выдвижение новой ВДУ, доставленной на корабле <i>Прогресс</i> . Складывание Фермы-3
91.			22.04.98	ОРЛАН-М	4, 6	6:21	Установка новой ВДУ на Софору
92.	Мир (IVA)	Г.И. Падалка С.В. Авдеев	15.09.98	ОРЛАН-М	4, 5	0:30	Стыковка разъемов СБ в модуле <i>Спектр</i> . Работа в фальном варианте
93.	Мир	Г.И. Падалка С.В. Авдеев	10.11.98	ОРЛАН-М	4, 5	5:54	Установка французского оборудования для улав- ливания метеоритов. За- пуск макета искусствен- ного спутника Земли
94.	Мир	В.М. Афанасьев Ж.П. Энере (Франция)	16.04.99	ОРЛАН-М	5, 4	6:19	Проведение французских научных экспериментов
95.	Мир	В.М. Афанасьев С.В. Авдеев	23.07.99	ОРЛАН-М	6, 4	6:07	Снятие образцов с фран- цузского оборудования. Начало раскрытия антен- ны Рефлектор
96.			28.07.99	ОРЛАН-М	6, 4	5:22	Окончание раскрытия антенны Рефлектор и ее отбрасывание. Вынос об- разцов для эксперимента Спрут
97.	Мир	С.В. Залетин А.Ю. Калери	12.05.00	ОРЛАН-М	6, 4	4:52	Проведение эксперимен- та с использованием ин- струмента для герметиза- ции. Работа с оборудова- нием Панорама. Осмотр повреждения солнечной батареи. Снятие экспе- риментальной солнечной батареи

Но- мер ВКД	Тип ОС (КК)	Члены экипа- жа, выполн. ВКД	Дата ВКД	Тип СК	№№ СК	Вре- мя ВКД	Основное содержание работ
98 (1) ¹ .	МКС	Ю.В. Усачев Д. Восс (США)	08.06.01	ОРЛАН-М	23, 12	0:20	Перенос стыковочного конуса ПхО.
99 (2).	МКС	В.М. Дежуров М.В. Тюрин	08.10.01	ОРЛАН-М	23, 12	4:58	Стыковка электроразъ- емов системы Транзит, установка дополнитель- ных поручней, монтаж и проверка грузовой стре- лы на СО1
100 (3).			15.10.01	ОРЛАН-М	23, 12	5:51	Установка образцов Кром- ка, снятие образцов Флаг
101 (4).	МКС	В.М. Дежуров Ф. Калбертсон (США)	13.11.01	ОРЛАН-М	23, 12	5:05	Стыковка электроразъ- емов СО1-СМ аппаратуры Курс-П, проверка функ- ционирования грузовой стрелы (ГСтМ1)
102 (4а).	МКС	В.М. Дежуров М.В. Тюрин	03.12.01	ОРЛАН-М	23, 12	2:45	Осмотр стыковочного узла СМ, удаление посто- роннего предмета из узла
103 (5).	МКС	Ю.И. Онуфриенко К. Уолз (США)	15.01.02	ОРЛАН-М	14, 12	6:02	Перенос и монтаж грузо- вой стрелы (ГСтМ2) на СО1
104 (6).	МКС	Ю.И. Онуфриенко Д. Берш (США)	25.01.02	ОРЛАН-М	14, 12	5:59	Установка контейнеров с образцами СКК № 1 на СО1, СКК № 2 на СМ, Платан-М, защитного ус- тройства ГЗУ на двигате- ли СМ, установка антен- ны радиолобительской связи РЛСWA4
105 (7).	МКС	В.Г. Корзун П. Уитсон (США)	16.08.02	ОРЛАН-М	14, 23	4:23	Вынос и установка проти- вометеоритных панелей на модуле СМ
106 (8).	МКС	В.Г. Корзун С.Е. Трещев	26.08.02	ОРЛАН-М	14, 23	5:21	Работы с аппаратурой NAZDA. Снятие образ- цов Кромка-1, установка образцов Кромка-2. Уста- новка антенны радиоло- бительской связи.
107 (9).	МКС	А.Ю. Калери М. Фозл (США)	27.02.04	ОРЛАН-М	23, 24	3:57	Проведение эксперимен- та Матрешка
108 (9а).	МКС	Г.И. Падалка М. Финк (США)	25.06.04	ОРЛАН-М	25, 26		Замена блока гироскопа на АС. Выход прекращен из- за резкого падения давле- ния кислорода в баллоне (ошибка экипажа)
109 (9б).	МКС	Г.И. Падалка М. Финк (США)	01.07.04	ОРЛАН-М	25, 26	5:40	Замена блока гироскопа на АС

¹ В скобках даются номера ВКД для МКС.

Но- мер ВКД	Тип ОС (КК)	Члены экипа- жа, выполн. ВКД	Дата ВКД	Тип СК	№№ СК	Вре- мя ВКД	Основное содержание работ
110 (10).	МКС	Г.И. Падалка М. Финк (США)	03.08.04	ОРЛАН-М	25, 26	4:29	Установка лазерных све- тоотражателей для обес- печения стыковки евро- пейского грузового кораб- ля к МКС. Снятие образцов Планан и Кромка.
111 (11).			03.09.04	ОРЛАН-М	25, 26	5:21	Замена панели регулято- ра расхода жидкости на модуле <i>Заря</i> , установка антенн для обеспечения стыковки европейского грузового корабля к МКС, фотографирование

Приложение 2

Основные характеристики скафандров типа ОРЛАН¹

Характеристика	Модификация скафандра						
	ОРЛАН Л-3	ОРЛАН-Д Салют-6	ОРЛАН-Д Салют-7	ОРЛАН-ДМ Салют-7	ОРЛАН-ДМА Мир	ОРЛАН-М	
						Мир	МКС
Начало эксплуатации (год)	(1969)	1977	1982	1985	1988	1997	2001
Количество ВКД	(2) ²	6	10	10	10	12	15
Общее время работы (в одном цикле), ч	(5) ²	5	7	8	9	9	9
Время работы патрона поглощения CO ₂ , ч	5	5	5	6	7	7	9
Время автономной работы (в одном цикле), ч	5	5	5	6	6+1	6+1	6+1
Срок службы, г.	2,5	3,5	4	4	4	4	4
Масса, макс, кг	59	73,5	73,5	88	105	112	112
Запас O ₂ кг							
- основной	0,5	1	1	1	1	1	1
- резервный	0,2	1	1	1	1	1	1
Количество питающей воды, кг	2,5	2,9	2,9	2,9	3,6	3,6	3,6
Теплосъем, Вт							
- средний	250	300	300	300	300	300	300
- максимальный	600	600	600	600	600	600	600
Источник электропитания	по фалу	по фалу	по фалу	по фалу	батарея с 1990 (по фалу)	батарея (по фалу)	
Потребляемая мощность	30	32	32	32	42	54	54
Количество измеряемых параметров	3	14	14	17	23	26	29 ³

¹ Характеристики подвижности СК в таблице не приводятся.

² Без дозаправки или замены расходуемых элементов (по программе Л-3 общее время 2-х циклов 5 часов).

³ Включая 2 параметра Сейфера.

Характеристика	Модификация скафандра						
	ОРЛАН	ОРЛАН-Д	ОРЛАН-Д	ОРЛАН-ДМ	ОРЛАН-ДМА	ОРЛАН-М	
	Л-3	Салют-6	Салют-7	Салют-7	Мир	Мир	МКС
Давление в СК, гПа, в режимах - основном - дополнительном	400 270	400 270	400 270	400 270	400 270	400 400	400 400
Аварийная подача кислорода (вкл. вручную), кг/ч	1	2	2	2	2	2	2
Автоматическое включение подачи О ₂ при давлении в СК, гПа	220	220	220	220	220	270	270
Бортовая система		БСС-1	БСС-2	БСС-2М	БСС-2М	БСС-2М	БСС-4

Приложение 3

Краткие сведения о советских/российских скафандрах

Скафандры СК-1 и СК-2 для кораблей *Восток*

1. Официальное название

Скафандр СК-1 — для космонавтов мужчин.

Скафандр СК-2 — для космонавтов женщин.

2. Описание

Скафандр мягкой конструкции с вентиляционной системой открытого типа.

Оболочка скафандра двуслойная — наружная силовая из ткани Лавсан, внутренняя — герметичная из листовой резины. Поверх оболочки надевается защитная верхняя одежда. Под оболочку надевается теплозащитный костюм с трубками и панелями системы вентиляции. Шлем жесткий, несъемный с двойным остеклением и системой аварийного закрытия иллюминатора.

Конструкция скафандров СК-1 и СК-2 идентична. Отличие СК-2 состоит в крое оболочки, учитывающем особенности женской фигуры.

3. Применение (эксплуатация)

Скафандр СК-1 (СК-2) предназначался для космонавтов кораблей *Восток*. Первое применение 12 апреля 1961 года при полете Ю. А. Гагарина, впоследствии скафандр применялся при всех полетах 1-го отряда космонавтов на кораблях *Восток* до 1963 г.

4. Даты разработки и эксплуатации

Разработка и испытания СК-1 — 1960–1961 гг.; (1962 г. — скафандр СК-2).

Эксплуатация на кораблях *Восток* — 1961–1963 гг.

5. Технические характеристики

Совместно с бортовой системой вентиляции, бортовой и парашютной системами кислородного питания скафандр обеспечивал космонавту:

- нормальные гигиенические условия в загерметизированной кабине корабля в течение до 12 суток;
- безопасное пребывание в разгерметизированной кабине в течение 4–5 часов.
- защиту при катапультировании из кабины на высотах до 8 км;
- питание кислородом при парашютировании;
- сохранение жизни при нахождении в холодной воде в течение 12 часов;
- рабочее избыточное давление в скафандре — 270–300 гПа;
- расход газа от вентилятора — 150 л/мин;
- подача газа от бортовых баллонов (воздух+кислород) — 50 нл/мин;
- масса скафандра — 20 кг.

6. Количество изготовленных скафандров

Для испытаний:	СК-1 — 20 шт.	СК-2 — 4 шт.;
Для тренировок:	СК-1 — 2 шт.	СК-2 — 4 шт.;
Штатные:	СК-1 — 2 шт. для манекенов;	
	СК-1 — 7 шт. для космонавтов мужчин;	
	СК-2 — 2 шт. для космонавтов женщин.	

Скафандр БЕРКУТ для корабля *Восход-2*

1. Официальное название

Скафандр БЕРКУТ.

2. Описание

Скафандр мягкой конструкции со съёмным жестким шлемом и вентиляционной системой открытого типа.

Оболочка трехслойная: наружная силовая из ткани капрон и две герметичные оболочки: основная — из листовой резины, резервная (внутренняя) — из пористой резины. Поверх оболочки надевается защитная одежда с экранно-вакуумной изоляцией. Скафандр эксплуатировался совместно с автономной системой жизнеобеспечения, расположенной в съёмном ранце (кислородный прибор КП-55).

3. Применение (эксплуатация)

Скафандры предназначались для обеспечения выхода в космос и для спасения членов экипажа КК *Восход-2* в случае аварийной разгерметизации кабины корабля.

Скафандры БЕРКУТ использовались экипажем корабля *Восход-2* П. И. Беляевым и А. А. Леоновым в марте 1965 г. А. А. Леонов 18.03.1965 г. осуществил первый в мире выход в открытый космос.

4. Даты разработки и эксплуатации

Разработка и испытания — 1964–1965 гг.

Эксплуатация на корабле *Восход-2* — 1965 г.

5. Технические характеристики

- совместно с бортовой системой вентиляции и кислородного питания скафандр обеспечивал космонавту безопасное пребывание в разгерметизированной кабине в течение 4-х часов;
- время автономной работы скафандра от ранцевой СОЖ — 45 мин.;
- рабочее давление в скафандре:
 - основной режим — 400 гПа;
 - дополнительный режим — 270 гПа;
- расход вентиляционного газа в скафандре БЕРКУТ от бортовой системы — 150 л/мин;
- масса скафандра — 20 кг;
- масса ранца — 21,5 кг.

6. Количество изготовленных скафандров

Для испытаний и тренировок — 9 шт.

Для штатного использования — 4 шт.

Скафандр ЯСТРЕБ для кораблей *Союз-4* и *Союз-5*

1. Официальное название

Скафандр ЯСТРЕБ.

2. Описание

Скафандр мягкой конструкции со съёмным жестким шлемом.

Оболочка состоит из трех слоев: наружная силовая оболочка из ткани капрон и двуслойная герметичная оболочка — наружная (основная) из листовой резины, внутренняя (резервная) из пористой резины. Поверх оболочки надевается защитная одежда с экранно-вакуумной теплоизоляцией. Скафандр имеет несколько типоразмеров и может дополнительно подгоняться по росту.

Скафандр эксплуатировался совместно с автономной системой обеспечения жизнедеятельности регенерационного типа, размещенной в ранце РВР-1П.

3. Применение (эксплуатация)

Скафандр ЯСТРЕБ эксплуатировался 19.01.1969 г. при переходе космонавтов А. С. Елисеева и Е. В. Хрунова из корабля *Союз-5* в корабль *Союз-4* через открытый космос.

4. Даты разработки и эксплуатации

Разработка и испытания — 1965–1967 гг.

Эксплуатация — 1969 г.

5. Технические характеристики

- время автономной работы космонавта в скафандре с системой РВР-1П — не менее 2,5 часов;
- рабочее давление в скафандре:
 - основной режим — 400 гПа;
 - дополнительный режим — 270 гПа;
- расход вентиляционного газа — не менее 210 л/мин;
- масса собственно скафандра — 20 кг;
- масса ранцевой системы РВР-1П — 31,5 кг.

6. Количество изготовленных скафандров

Для испытаний и тренировок — 18 штук.

Для штатного использования — 6 штук.

Полужесткий скафандр СКВ

1. Официальное название

Скафандр СКВ (скафандр для выхода).

2. Описание

Скафандр СКВ — скафандр полужесткого типа. Корпус скафандра совместно со шлемом, а также ранец выполнены из композитного материала — стеклопластика. Рукава и оболочки ног — мягкой конструкции. Их оболочка имеет два слоя: наружный — силовой из ткани капрон, внутренний — герметичный из резины.

Люк для входа расположен на «спине»: крышкой люка служит ранец с расположенными в нем агрегатами СОЖ. Ранец вращается относительно вертикальной оси на петлях, расположенных на разъеме ранец-корпус слева. С правой стороны расположены замки для фиксации ранца в закрытом положении. Управляются замки одной рукояткой. Герметизация разъема производится с помощью шланга герметизации, расположенного в рамке разъема на корпусе.

СОЖ — регенерационного типа с испарительным теплообменником. Органы управления расположены во встроенном пульте на «груди» скафандра.

3. Применение (эксплуатация)

Скафандр СКВ предназначался для внекорабельных работ на орбитальной тяжелой станции-спутнике на околоземных орбитах с высотами от 450 до 36000 км, в том числе в радиационных поясах Земли.

4. Даты разработки и эксплуатации

Разработка и лабораторные испытания экспериментального образца — 1962–1965 гг.

В дальнейшем на базе скафандра СКВ разработаны лунный скафандр КРЕЧЕТ и скафандр ОРЛАН.

5. Технические характеристики

- рабочее избыточное давление — 400 гПа;
- время работы:
 - от бортовых систем — 8 часов;
 - автономно — 4 часа;
- масса — 85 кг;
- время «надевания» — 5 мин.

6. Количество изготовленных скафандров

Количество изготовленных скафандров — 5 штук. Из них:

- 3 макета для отработки формы и размеров, испытаний на прочность и герметичность;
- 2 действующих макета для наземных испытаний с операторами.

Полужесткий лунный скафандр КРЕЧЕТ

1. Официальное название

Скафандр КРЕЧЕТ — экспериментальный;

Скафандр КРЕЧЕТ-94 — скафандр для лунной экспедиции по программе Н1-Л3.

2. Описание

Скафандр типа КРЕЧЕТ — скафандр полужесткого типа с встроенной системой жизнеобеспечения, предназначенный для работы вне космического корабля, в том числе и на поверхности Луны.

Корпус скафандра совместно с каской шлема выполнен из листового алюминиевого сплава. Рукава и оболочка ног — мягкой конструкции. Люк для входа расположен на «спине», крышкой люка служит ранец, в котором расположены агрегаты СОЖ.

Оболочка трехслойная: наружная (силовая) из ткани — капрон, и две внутренние из резины. Рукава снабжены плечевым и кистевым подшипниками. Поверх оболочки надета теплозащитная одежда с экранно-вакуумной теплоизоляцией. В одежду вмонтировано антенно-фидерное устройство.

Автономная СОЖ — регенерационного (замкнутого) типа. В системе терморегулирования используются костюм водяного охлаждения и теплообменник — сублиматор. Органы управления СОЖ расположены на нагрудной части корпуса.

3. Применение (эксплуатация)

Скафандр КРЕЧЕТ-94 предназначался для программы Н1-Л3, предусматривающей выход одного космонавта на поверхность Луны.

4. Даты разработки и эксплуатации

Разработка и испытания скафандра КРЕЧЕТ — 1966–1967 гг., скафандра КРЕЧЕТ-94 — 1967–1972 г. В 1972г. работы по программе Н1-Л3 были приостановлены, а в 1974 г. закрыты.

Примечание: Конструктивная схема скафандра полужесткого типа выполнена на базе экспериментального скафандра СКВ, разработанного в 1962-65 гг.

5. Технические характеристики

- рабочее избыточное давление:
 - основной режим — 400 гПа;
 - дополнительный режим — 270 гПа;
- время автономной работы СОЖ — 10 часов;
- масса скафандра с СОЖ — 106 кг.

6. Количество изготовленных скафандров

Скафандр КРЕЧЕТ — 3 действующих макета для лабораторных испытаний.

Скафандр КРЕЧЕТ-94 — 22 шт. для всех видов испытаний и тренировок (к моменту закрытия программы в производстве изготавливались еще 9 скафандров).

Лунный скафандр мягкого типа ОРЕЛ

1. Официальное название

Скафандр ОРЕЛ.

2. Описание

Скафандр ОРЕЛ с ранцевой системой жизнеобеспечения БАЙКАЛ регенерационного типа предназначался для обеспечения выхода космонавта на Луну. Скафандр мягкого типа. В его состав входили верхняя защитная оболочка с экранно-вакуумной теплоизоляцией, силовая оболочка из капроновой ткани и ткани одноосного растяжения, герметичные оболочки (основная и дублирующая) из резины, костюм водяного охлаждения, вентиляционный костюм, съемный жесткий шлем.

На последнем этапе разработки рассматривался вариант многоцелевого варианта скафандра ОРЕЛ (аварийно-спасательный и для выхода в космос).

3. Применение (эксплуатация)

Изготовлены только экспериментальные образцы для испытаний.

4. Даты разработки и эксплуатации

Разработка и испытания — 1966–1970 гг.

5. Технические характеристики

- рабочее избыточное давление:
 - основной режим — 400 гПа;
 - дополнительный режим — 270 гПа;
- время работы АСОЖ — 4 часа;
- масса собственно скафандра — около 20 кг;
- масса ранца БАЙКАЛ — около 36 кг.

6. Количество изготовленных скафандров

Изготовлены для испытаний 3 экспериментальных образца скафандра и один действующий макет ранца БАЙКАЛ.

Орбитальный скафандр ОРЛАН для лунной программы

1. Официальное название

Скафандр ОРЛАН.

2. Описание

Скафандр ОРЛАН, как и скафандр КРЕЧЕТ — полужесткого типа с встроенной системой жизнеобеспечения (СОЖ). Оболочка скафандра включает в себя жесткий корпус (объединенный со шлемом), изготовленный из алюминиевого сплава и мягкие части: рукава и оболочку ног (нижняя часть корпуса и штанины). Мягкая оболочка — трехслойная: наружная, — силовая из ткани капрон и две герметичные из резины.

Для входа в скафандр служит люк, расположенный на «спине» корпуса. Крышкой люка является ранец, в котором расположены агрегаты СОЖ. Поверх оболочки на скафандре имеется защитная одежда с экранно-вакуумной теплоизоляцией. Скафандр одного размера, может использоваться космонавтами, имеющими обхват груди 96–108 см и рост — 164–178 см. Подгонка по росту производится за счет регулировки длины мягких частей оболочки.

Система жизнеобеспечения — регенерационного (замкнутого) типа. В системе терморегулирования используются костюм водяного охлаждения и теплообменник — сублиматор. Электропитание — по фалу от борта космического корабля.

3. Применение (эксплуатация)

Скафандр ОРЛАН предназначался для выхода космонавта в космическое пространство из орбитального лунного корабля по программе Н1-ЛЗ. Штатного применения не имел.

4. Даты разработки и эксплуатации

Разработка и испытания 1967–1971 гг.

Работа по скафандру ОРЛАН в 1971 г. была прекращена в связи с проведением работ по его модификации применительно к орбитальной станции.

5. Технические характеристики

См. таблицу основных характеристик скафандров типа ОРЛАН (приложение 2).

6. Количество изготовленных скафандров

Для испытаний и тренировок — 11 штук.

Скафандры для штатного применения не изготавливались.

Скафандр ОРЛАН-Д для орбитальной станции *Салют*

1. Официальное название

Скафандр ОРЛАН-Д.

2. Описание

Скафандр полужесткого типа, модификация скафандра ОРЛАН. Предназначался для выхода в открытый космос из станций *Салют-6* и *Салют-7*. Скафандр многоразового применения.

Система жизнедеятельности регенерационного (замкнутого) типа со сменными расходными элементами. В системе терморегулирования использовался костюм водяного охлаждения.

Электропитание, радиосвязь и телеметрия осуществлялись по электрофалу длиной 20 м. Он же служил страховочным фалом. Скафандр снабжен еще одним страховочным фалом с карабином.

Скафандр одного размера. Может использоваться космонавтами, имеющими обхват груди от 96 до 108 см, рост от 164 до 180 см.

3. Применение (эксплуатация)

Космическая станция *Салют-6* — в 1977–1979 гг. осуществлены 3 парных выхода в открытый космос.

Космическая станция *Салют-7* — в 1982–1984 гг. осуществлены 10 парных выходов в открытый космос.

Планировалось применение на ОС *Алмаз*.

4. Даты разработки и эксплуатации

Разработка и испытания — 1969–1977 гг.

Штатная эксплуатация — 1977–1984 гг.

5. Технические характеристики

См. таблицу основных характеристик скафандров типа ОРЛАН (приложение 2).

6. Количество изготовленных скафандров

Для испытаний и тренировок — 27 шт.;

Для штатного использования — 7 шт.

Скафандр ОРЛАН-ДМ для орбитальных станций *Салют* и *Мир*

1. Официальное название

Скафандр ОРЛАН-ДМ.

2. Описание

Скафандр полужесткого типа, модификация скафандра ОРЛАН-Д. Предназначался для выхода в открытый космос из станций *Салют-7* и *Мир*.

Скафандр ОРЛАН-ДМ — переходная модель к полностью автономному скафандру ОРЛАН-ДМА. В скафандре были модифицированы и перекомпонованы элементы СОЖ, разработан и введен объединенный пульт управления СОЖ, введен аварийный кислородный шланг, введена защитная каска, увеличена надежность гермооболочки за счет применения новых материалов и др.

Электропитание, радиосвязь, телеметрия: с помощью электрофала длиной 20 м.

Скафандр обеспечивает космонавтов с антропометрическими данными в диапазоне: обхват груди — 96–108 см, рост — 164–180 см.

3. Применение (эксплуатация)

Космическая станция *Салют-7* — 1985–1986 гг. — осуществлены 3 парных выхода.

Космическая станция *Мир* — 1986–1988 гг. — осуществлены 5 парных выходов.

4. Даты разработки и эксплуатации

Разработка и испытания — 1983–1985 гг.

Штатная эксплуатация — 1985–1988 гг.

5. Технические характеристики

См. таблицу основных технических характеристик скафандров типа ОРЛАН (приложение 2).

6. Количество изготовленных скафандров

Для испытаний и тренировок — 5 шт.;

Для штатного использования — 5 шт.

Скафандр ОРЛАН-ДМА для орбитальной станции *Мир*

1. Официальное название

Скафандр ОРЛАН-ДМА.

2. Описание

Скафандр — полужесткого типа, модификация скафандра ОРЛАН-ДМ. В отличие от предыдущих моделей ОРЛАН-Д и ОРЛАН-ДМ мог применяться без электрического фала, для чего был снабжен съемным блоком, содержащим источник электроэнергии (аккумулятор), радиотелеметрическую систему и антенно-фидерное устройство. Усовершенствована конструкция и применен новый материал для мягких частей.

Модифицирован жесткий корпус — увеличен внутренний объем, введен поясной фланец для крепления нижней (мягкой) части оболочки с возможностью ее замены на станции. Усовершенствованы перчатки и введены резервные гермоманжеты. Введен дополнительно второй страховочный фал. Увеличена емкость поглотительного патрона в ранце. Введены интерфейсы для сочетания скафандра с установкой перемещения и маневрирования в космосе (индекс 21КС).

Электропитание, радиосвязь, телеметрия:

- автономно, от блока ранца;
- с помощью электрофала длиной 25 м.

В верхнюю защитную одежду встроена радиоантенна. Скафандр может использоваться космонавтами с ростом от 164 до 185 см. Модифицированный корпус обеспечивает возможность работы космонавтов с обхватом груди от 96 до 110 см.

3. Применение (эксплуатация)

Станция *Мир* с 1988 по 1997 год (56 парных выходов).

Планировалось применение на ОС *Алмаз* и корабле *Буран*.

4. Даты разработки и эксплуатации

Разработка — 1985–1988 гг.

Штатная эксплуатация — 1988–1997 гг.

5. Технические характеристики

См. таблицу основных технических характеристик скафандров типа ОРЛАН (приложение 2).

6. Количество изготовленных скафандров

Для испытаний и тренировок — 16 шт.

Для штатного применения — 12 шт.

Скафандр ОРЛАН-М для орбитальной станции *Мир* и международной космической станции (МКС)

1. Официальное название

Скафандр ОРЛАН-М.

2. Описание

Скафандр полужесткого типа, модификация скафандра ОРЛАН-ДМА.

В скафандре ОРЛАН-М учтен опыт эксплуатации скафандра ОРЛАН-ДМА на станции *Мир* и дополнительные требования в связи с эксплуатацией на МКС.

В конструкцию скафандра введены следующие основные изменения:

- увеличены размеры корпуса в зоне пояса, входной люк перемещен вверх;
- введен дополнительный иллюминатор верхнего обзора и защитное стекло на основной иллюминатор;
- введены третий (локтевой) гермоподшипник на рукав и голеностопные подшипники. Один из страховочных фалов сделан переменной длины. Увеличен объем патрона для поглощения CO_2 и др.

Электропитание, радиосвязь, телеметрия:

- автономно от блока ранца;
- с помощью электрофала 25 м.

Благодаря этому улучшены эксплуатационные характеристики (подвижность, вход-выход из скафандра, обзор и др.), увеличен допустимый антропометрический диапазон, который стал равен: по обхвату груди от 96 до 112 см, по росту от 164 до 190 см. На скафандре установлены узлы для фиксации установки спасения космонавта (Сейфера).

3. Применение (эксплуатация)

Станция *Мир* с 1997 г. по 2000 г. — выполнено 18 парных выходов.

Международная станция МКС с 2001 г. — выполнено 14 парных выходов (на 15.09.2004 г.).

4. Даты разработки и эксплуатации

Разработка и испытания — 1995–1997 гг.

Штатная эксплуатация — с 1997 г. по настоящее время.

5. Технические характеристики

См. таблицу основных технических характеристик скафандров типа ОРЛАН (приложение 2).

6. Количество изготовленных скафандров (на 15.09.2004 г.)

Для испытаний и тренировок — 21;

Для штатного использования — 9.

Скафандр СК ВКД-2000 для космического корабля *Гермес* и орбитальной станции *Мир-2*

1. Официальное название

ЕКА/РКА СК ВКД-2000.

2. Описание

Скафандр полужесткого типа. Система жизнеобеспечения замкнутого типа размещена в наспинном ранце, служащим одновременно люком для входа в скафандр. Для снятия с космонавта тепла используется костюм водяного охлаждения.

Обеспечиваются самостоятельное одевание и обслуживание скафандра на орбите. Используется один типоразмер корпуса СК для всего антропометрического диапазона европейской популяции людей.

Оболочка СК имеет дублированную гермооболочку, плечевые, локтевые, кистевые и голеностопные подшипники и бедренные, коленные и голеностопные мягкие шарниры.

3. Применение (эксплуатация)

Планировалось использование при осуществлении ВКД на европейском космическом корабле *Гермес* и на ОС *Мир-2*.

4. Даты разработки и эксплуатации

Разработка началась в 1993 г. и была приостановлена в конце 1994 г. К моменту окончания работы по проекту изготовлена первая эргономическая модель скафандра.

Эксплуатация планировалась на 2000–2004 гг.

5. Технические характеристики

- рабочее давление в СК — 420 гПа;
- время автономной работы 7 часов;
- обеспечивается проход через люки диаметром 800 мм;
- гарантийный ресурс — 30 ВКД в течение 4-х лет;
- масса — 125 кг.

6. Количество изготовленных скафандров

Для испытаний — 2 шт.

Спасательный скафандр СОКОЛ-К для корабля *Союз*

1. Официальное название

Скафандр СОКОЛ-К.

2. Описание

Скафандр СОКОЛ-К с бортовой системой вентиляции и кислородного питания открытого типа предназначен для создания нормальных гигиенических условий космонавту при полете в герметичной кабине и обеспечения его жизнедеятельности и работоспособности в случае разгерметизации кабины корабля *Союз*. Скафандр мягкого типа с двуслойной оболочкой (наружная — силовая из ткани, внутренняя — герметичная из резины и частично из прорезиненного материала). Шлем с мягкой затылочной частью и откидным остеклением. Для надевания служит передний распах со шнуровкой на силовой оболочке. Скафандр изготавливается с учетом позы в амортизационном кресле корабля индивидуально для каждого космонавта.

Скафандр одевается космонавтами на наиболее опасных участках полета: выведение, стыковка, спуск.

В нормальном полете вентиляция подскафандрового пространства осуществляется кабинным воздухом с помощью бортового вентилятора. При разгерметизации кабины или отказе бортовой СОЖ в загерметизированный скафандр подается газовая смесь, содержащая 40% кислорода и 60% азота, которая выходит через регулятор давления, расположенный на оболочке.

3. Применение (эксплуатация)

Корабли *Союз* №№ 12 (1973 г.) — 40 (1981 г.).

4. Даты разработки и эксплуатации

Проектирование и испытания — 1971–1973 гг.

Штатная эксплуатация — 1973–1981 гг.

5. Технические характеристики

- время пребывания экипажа в СК в герметичной кабине — до 30 часов;
- время пребывания экипажа в СК в разгерметизированной кабине — до 2 часов;
- рабочее избыточное давление — 400 гПа;
- расход вентиляционного воздуха от бортового вентилятора — ≥ 150 л/мин;
- расход газовой смеси — 20 нл/мин;
- масса скафандра — ≈ 10 кг.

6. Количество изготовленных скафандров

Изготовлено 155 скафандров, в том числе 89 для штатного применения, а остальные для испытаний и тренировок.

Спасательный скафандр СОКОЛ-КВ

1. Официальное название

Скафандр СОКОЛ-КВ.

2. Описание

Скафандр СОКОЛ-КВ является переходной моделью от скафандра СОКОЛ-К к скафандру СОКОЛ КВ-2. Первоначально он предназначался для применения на транспортных кораблях типа *Союз-Т* и транспортном корабле по программе *Алмаз*.

Скафандр мягкой конструкции с двуслойной оболочкой (наружная — силовая из ткани, внутренняя — герметичная из резины и прорезиненных материалов). Отличительная черта — с целью облегчения надевания скафандр имеет поперечный эластичный герметичный разъем с двумя застежками-молниями, разделяющий оболочку на две самостоятельные части: рубашку и брюки. Шлем с откидным иллюминатором и мягкой затылочной частью является неотъемлемой частью рубашки.

Система вентиляции открытого типа. Для увеличения теплосъема в комплект скафандра была введена система водяного охлаждения. Эластичные магистрали обеих систем были смонтированы на нательном комбинезоне, который назывался КВО-11. Вводы водяных коммуникаций для подсоединения к борту размещались на брюках, пневматические вводы (воздух и кислород) также как и регулятор давления — на рубашке.

3. Применение (эксплуатация)

Штатно скафандр не применялся.

4. Даты разработки и эксплуатации

1974–1979 гг.

5. Технические характеристики

- время пребывания экипажа в СК в герметичной кабине — до 30 часов;
- время пребывания экипажа в СК в разгерметизированной кабине — до 2 часов;
- рабочее избыточное давление:
 - основной режим — 400 гПа;
 - дополнительный режим — 270 гПа;
- расход вентиляционного воздуха от бортового вентилятора — ≥ 150 л/мин;
- расход кислорода в аварийной ситуации — 20 нл/мин;
- масса скафандра — ≈ 12 кг.

6. Количество изготовленных скафандров

Для испытаний и тренировок — 6 шт.

Спасательный скафандр СОКОЛ КВ-2 для кораблей *Союз-Т, Союз-ТМ, Союз-ТМА*

1. Официальное название

Скафандр СОКОЛ КВ-2.

2. Описание

Скафандр СОКОЛ-КВ-2 совместно с бортовой системой вентиляции и кислородного питания открытого типа предназначен для создания нормальных гигиенических условий космонавту при полете в герметичной кабине и обеспечение его жизнедеятельности и работоспособности в случае разгерметизации кабины корабля. Скафандр мягкой конструкции с двуслойной оболочкой (наружная — силовая оболочка из ткани, внутренняя — герметичная из резины и прорезиненного материала). Шлем — неотъемлемая часть оболочки с мягкой затылочной частью и откидным иллюминатором.

Отличия от скафандра СОКОЛ-К: вместо шнуровки на переднем распаше применены две застежки-молнии, увеличены размеры шлема и соответственно остекления, регулятор давления объединен с клапаном подсоса и установлен по центру корпуса под шлемом (у СК СОКОЛ-К — на боку).

При разгерметизации кабины в скафандр подается чистый кислород. Регулятор давления в скафандре обеспечивает 2 режима давления.

3. Применение (эксплуатация)

Первое применение на корабле *Союз Т-2* в 1980 г. космонавтами Малышевым Ю. В. и Аксеновым В. В. Впоследствии применялся на всех кораблях *Союз-Т, Союз-ТМ* и *Союз-ТМА*.

При полетах экипажей на *МКС* на *Шаттле* доставлялся на орбиту для каждого члена экипажа на случай аварийного спуска на кораблях *Союз-ТМ* или *Союз-ТМА*.

4. Даты разработки и эксплуатации

Проектирование и испытания — 1973–1979 гг. (с учетом работ по СОКОЛ-КМ и СОКОЛ-КВ).

Штатная эксплуатация — с 1980 г. по настоящее время.

5. Технические характеристики

- время пребывания экипажа в СК в герметичной кабине — до 30 часов;
- время пребывания экипажа в СК в разгерметизированной кабине — до 2 часов;
- рабочее избыточное давление:
 - основной режим — 400 гПа;
 - дополнительный режим — 270 гПа;
- расход вентиляционного воздуха от бортового вентилятора — ≈ 150 л/мин;
- расход кислорода в аварийной ситуации — 20 нл/мин;
- масса скафандра — около 10 кг.

6. Количество изготовленных скафандров (на 15.09.2004 г.)

Всего изготовлено 299 скафандров, в том числе 234 для штатного использования, остальные для испытаний и тренировок.

Спасательный скафандр СТРИЖ для многоразового космического корабля *Буран*

1. Официальное название

Скафандр СТРИЖ.

2. Описание

Скафандр мягкой конструкции со встроенным шлемом. Оболочка — двухслойная. Наружная силовая оболочка изготовлена из высокопрочной огнестойкой ткани. Помимо традиционной силовой системы на оболочке смонтирована подвесная-привязная система для фиксации в катапультином кресле и для спуска на парашюте. Внутренняя, герметичная оболочка изготовлена из прорезиненного капрона. Оболочка имеет передний распах, закрываемый двумя застежками — молниями. Откидной иллюминатор имеет двойное остекление. На оболочке закреплен спасательный надувной ворот.

Скафандр эксплуатировался совместно с индивидуальной бортовой системой обеспечения жизнедеятельности (ИСОЖ). ИСОЖ обслуживает одновременно 2-х космонавтов, одетых в скафандры СТРИЖ. В нормальном полете скафандр вентилируется кабинным воздухом. В аварийной ситуации ИСОЖ работает по замкнутому контуру.

3. Применение (эксплуатация)

Два штатных комплекта скафандров СТРИЖ с манекенами и ИСОЖ применялись при первом беспилотном полете корабля *Буран* в 1988 г.

4. Даты разработки и эксплуатации

Разработка и испытания — 1981–1991 гг.

5. Технические характеристики

- рабочее избыточное давление:
 - основной режим — 440 гПа;
 - дополнительный режим — 270 гПа;
- время работы в герметичной кабине с расходом вентиляционного воздуха до 300 л/мин (на 2 скафандра) — до 24 часов;
- время работы в аварийной ситуации от ИСОЖ по замкнутому контуру — до 12 часов;
- спасение пилота при катапультировании в кресле К-36РБ на высотах — до 30 км и $M=3,0$;
- масса скафандра — 18 кг.

6. Количество изготовленных скафандров

Для испытаний и для тренировок — 27 шт.

Для штатного использования — 4 шт.

Приложение 4

Список сокращений

АС	американский сегмент МКС
АХСГ	агрегат холодильно-сушильный (входит в СОЖ <i>Бурана</i>)
БСС-1, БСС-2, БСС-4	бортовая система стыковки, основной частью которой является бортовой блок управления скафандром
Б-1М, Б-2М, Б-3	бортовые блоки СОЖ скафандра
БР-1	бортовой блок распределения вентиляции скафандров СОКОЛ КВ-2
БРТА	блок радиотелеметрической аппаратуры скафандров ОРЛАН-ДМА и ОРЛАН-М
ВА	возвращаемый аппарат по программе Алмаз
ВВС	военно-воздушные силы
ВДР	высотные декомпрессионные расстройства
ВКД	внекорабельная деятельность
ВС, ВСС	высотные авиационные скафандры
ГК НИИ ВВС	Государственный научно-исследовательский институт ВВС
ГКЖ	гермокабина для животных
ГН	гидроневесомость (СК для работ в бассейне — ОРЛАН-ГН)
ГСТ	грузовая стрела
ГНИИИАиКМ	Государственный научно-исследовательский испытательный институт авиационной и космической медицины
ДОС	долговременная орбитальная станция
ЕКА	Европейское космическое агентство (<i>англ.</i> — ESA)
EMU	американский скафандр для ВКД на МКС и <i>Шаттле</i>
ESSS	европейский космический скафандр (<i>англ.</i> — European Space Suit System)
EVA	внекорабельная деятельность (<i>амер.</i> — Extravehicular Activity)
EVA-2000	российско-европейский скафандр для ВКД
IVA	внутрикорабельная деятельность (<i>амер.</i> — Intravehicular Activity)
КБ	конструкторское бюро
КВО	костюм водяного охлаждения

КК	космический корабль
КЛА	космический летательный аппарат
КО	конструкторский отдел
КС (21КС)	установка для перемещения и маневрирования космонавта ОС <i>Мир</i> (21КС)
ЛИИ	летно-испытательный институт им. Громова
ЛК	лунный корабль (программа Н1-Л3)
ЛОК	лунный орбитальный корабль (программа Н1-Л3)
Л1	советская программа облета Луны
Л3, ЛЗМ	советские лунные программы
М	число Маха
МАП	министерство авиационной промышленности
МКС	международная космическая станция
МКС <i>Буран</i>	многоразовая космическая система <i>Буран</i>
МОМ	министерство общего машиностроения
МСБ	модифицированная солнечная батарея
Н1-Л3	советская лунная программа
НАСА	Американское космическое агентство
НИИ	научно-исследовательский институт
НИИИАМ	научно-исследовательский испытательный институт авиационной медицины (позднее ГНИИИАиКМ)
НПП (НПО)	научно-производственное предприятие (объединение)
НТС	научно-технический совет
ОС	орбитальная станция
ОКБ	опытно-конструкторское бюро
ОРК	объединенный разъем коммуникаций
ОИСЗ	орбита искусственного спутника Земли
ПВУ	переносное вентиляционное устройство
ПНО	приборный научный отсек модуля <i>Квант</i> ОС <i>Мир</i>
ПхО	переходной отсек станций <i>Мир</i> и <i>МКС</i>
РВР	ранец вентиляционно-регенерационный
РИР	ранец инжекторно-регенерационный
РКА	Российское космическое агентство (позже Росавиакосмос и в настоящее время Федеральное космическое агентство ФКА)
СБ	солнечная батарея
Сейфер	упрощенное средство самоспасения (<i>амер.</i> — Simplified Aid for EVA Rescue)
СК	скафандр
СКБ-КДА	специальное конструкторское бюро кислородно-дыхательной аппаратуры (затем ОЗКБКО — Орехово-Зуевское КБ кислородного оборудования, в настоящее время — предприятие «КАМПО»)

СКВ	скафандр для выхода (экспериментальный скафандр середины 60-х годов)
СМ	служебный модуль российского сегмента <i>МКС</i>
СО1	стыковочный отсек российского сегмента <i>МКС</i>
СОЖ	система обеспечения жизнедеятельности
Т	тренировочный (СК для тренажера <i>Выход — ОРЛАН-Т</i>)
ТБК	термобарокамера
ТЗ	техническое задание
УПМК	установка для перемещения и маневрирования космонавта
ЦАГИ	центральный аэрогидродинамический институт (СК-ЦАГИ — скафандр ЦАГИ)
ЦКБМ	центральное конструкторское бюро машиностроения
ЦКБЭМ	центральное конструкторское бюро экспериментального машиностроения (затем НПО Энергия и в настоящее время РКК Энергия)
ЦПК	центр подготовки космонавтов (в настоящее время Российский государственный научно-исследовательский испытательный Центр подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина)
ЦУП	центр управления полетами
ШК	шлюзовая камера
ШО	шлюзовой отсек модуля <i>Квант</i> ОС <i>Мир</i>
ЭСО	экспериментальный отсек орбитального корабля <i>Буря</i>
ЭСТЕК	Европейский центр космических исследований и технологий, Нордвик, Нидерланды

Литература

- Абрамов И.П. Некоторые результаты работы автономной системы жизнеобеспечения при полете космических кораблей «Союз-4» и «Союз-5». Космическая биология и медицина, 1970, № 4.
- Абрамов И.П., Северин Г.И., Стоклицкий А.Ю., Шарипов Р.Х. (1984). Скафандры и системы для работы в открытом космосе, Машиностроение, Москва.
- Абрамов И.П., Барер А.С., Стоклицкий А.Ю., Филипенков С.Н. (1994). Некоторые аспекты выбора оптимальной величины давления в космическом скафандре. SAE Paper No. 941330, 24th International Conference on Environmental Systems and 5th European Symposium on Space Environmental Control Systems, Friedrichshafen, Germany, June 20–23, 1994.
- Абрамов И.П., Уальд Р, Мак Баррон Д, Черников С.В. (1995). Варианты разработки систем общего скафандра. Paper № SAE 951671. 25th International Conference on Environmental Systems, San Diego, CA, USA, July 10-13, 1995.
- Абрамов И.П. (1995). Опыт эксплуатации и совершенствования скафандра типа «Орлан». Acta Astronautica, 36, 1–12.
- Абрамов И.П. (1995). История разработки скафандров для ВКД (1995). X-MC-D-227, 10-й Московский международный симпозиум по истории авиации и космоса, Россия, 20–27 июня 1995. В книге «Освоение космического пространства», Москва, ИИЕТ РАН. 1995.
- Абрамов И.П. Как создавались скафандры для выхода в открытый космос. Земля и Вселенная, Наука, РАН. № 2, 1997.
- Абрамов И.П., Глазов Г.М., Сверщек В.И., Стоклицкий А.Ю. (1997). Обеспечение длительной эксплуатации скафандра для ВКД на орбитальной станции. Acta Astronautica, 41, 379-389.
- Абрамов И.П., Альбац Е.А., Глазов Г.М., Элбакян А.Ц. (1998). Некоторые вопросы модификации и экспериментальной отработки скафандра «Орлан-М» для МКС. Paper IAA-98-IAA.10.1.02, 49th International Congress, Melbourne, Australia, September 28 — October 2, 1998.
- Абрамов И.П., Моисеев Н.А., Стоклицкий А.Ю. (2001). Концепция оболочки планетарного скафандра. Paper No. SAE 2001-01-2168, 31st International Conference on Environmental Systems, Orlando, FL, USA, July 9–12, 2001.
- Абрамов И.П., Северин Г.И., Стоклицкий А.Ю., Скуг А.И. (2001). От скафандра Ю.А. Гагарина к скафандрам орбитального базирования. Международный космический форум-2001, Москва, 11–13 апреля 2001.
- Абрамов И.П., Моисеев Н.А., Стоклицкий А.Ю. (2002). Концепция механических интерфейсов планетарного скафандра с шлюзом и ровером. Paper No. SAE 2002-01-2313, 32nd International Conference on Environmental Systems, San Antonio, TX, USA, July 15-18, 2002.
- Абрамов И.П., Поздняков С.С., Северин Г.И., Стоклицкий А.Ю. (2001). Основные проблемы использования российского скафандра «Орлан-М» для ВКД на МКС. Acta Astronautica, 48, 265–273.

- Абрамов И.П. (2002). Опыт разработки и эксплуатации скафандра для ВКД орбитального базирования. Научно-технический журнал «Полет» № 1, Машиностроение, 2002, 26–32.
- Абрамов И.П., Глазов Г.М., Сверщек В.И. (2002). Длительная эксплуатация скафандров «Орлан» на ОС «Мир»: полученный опыт и его использование. *Acta Astronautica*, 51, 133–143.
- Абрамов И.П., Сверщек В.И. (2002). Космические скафандры и системы жизнеобеспечения (Краткий исторический обзор). Вестник авиации и космонавтики. № 5, 38–44.
- Абрамов И.П., Альбац Е.А., Глазов Г.М. (2002). Первые итоги работы российского скафандра для выхода в космос из МКС. Paper No. IAC-02-IAA.10. 1.04, 53rd International Astronautical Congress, Houston, TX, USA, October 10–19, 2002.
- Абрамов И.П., Дудник М.Н., Сверщек В.И., Северин Г.И., Скут А.И., Стоклицкий А.Ю. (2003). Российские космические скафандры. Springer-Praxis Verlag, Chichester, UK, 2003.
- Абрамов И.П., Моисеев Н.А., Стоклицкий А.Ю. (2003). Некоторые проблемы выбора и оценки концепции оболочки марсианского скафандра. Paper No. IAC-03-IAA.13.3.02, 54th International Astronautical Congress, Bremen, Germany, September 29 — October 3, 2003.
- Алексеев С.М., Уманский С.П. (1973). Высотные и космические скафандры, Машиностроение, Москва.
- Алексеев С.М. (1987). Космические скафандры. Вчера, сегодня, завтра. Серия «Космонавтика, Астрономия», № 2, Знание, Москва, 1987.
- Барер А.С., Филипенков С.Н. (1994). Работоспособность экипажа в скафандре. *Acta Astronautica*, 32, 51–57.
- Барер А.С., Филипенков С.Н., Катунцев В.П., Фогт Л., Венцель Г. (1995). Использование измерения с помощью датчика Допплера при ВКД. *Acta Astronautica*, 36, 81–83.
- Борисенко И.Г. (1984). В открытом космосе. Машиностроение, Москва.
- ESA Manned Space Programme Board (1994) Status of the EVA Developnent. ESA/PB-MS (94)49, October 19, 1994.
- Иванов Д.И., Хромушкин А.И. (1968). Системы жизнеобеспечения для высотных и космических полетов. Машиностроение, Москва, 1968.
- Каманин Н.П. (2001). Скрытый космос. Том 1, 1995, том 2, 1997, ТОО Инфортекст, том 3, 1999, том 4, 2001, ООО ИДД, Новости космонавтики, Москва.
- Келдыш М.В. (1980). Теоретическое наследие академика С.П. Королева: избранные труды и документы. Наука, Москва.
- Малкин В.Б. (1975). Барометрическое давление и состав газа. В книге Космическая биология и медицина (Том II, книга 1, стр. 35). Наука, Москва, Совместное российско-американское издание.
- Мёллер П, Лёвенс Р, Абрамов И.П., Альбац Е.А. (1995). Разработка совместного европейско-российского скафандра СК ВКД-2000. *Acta Astronautica*, 35, 53–63.
- Новости космонавтики (2002), № 12 (10), август, стр. 237.
- Oberth, H (1929) *Wege zur Raumschiffahrt*. Verlag Oldenbourg, Munich/Berlin.
- Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева, 1946–1996, под редакцией Ю.П. Семенова (1996).
- Росс А.И., Космо Г.И., Моисеев Н.А., Стоклицкий А.Ю., Бэрри С, Хадсон Е (2002). Сравнительные испытания ботинок космического скафандра. Paper No. SAE 2002-01-2315, 32nd International Conference on Environmental Systems, San Antonio, TX, USA, July 15-18, 2002.

- Северин Г.И., Сверщек В.И., Абрамов И.П., Стоклицкий А.Ю. (1978) Полужесткий скафандр орбитальной станции «Салют-6». Paper No. 78-A-60, 29th International Astronautical Congress, Dubrovnik, Yugoslavia, October 108, 1978.
- Северин Г.И., Абрамов И.П., Барер А.С., Сверщек В.И. (1984). Космические скафандры. 10 выходов в открытый космос из ОС «Салют-7». 35th International Astronautical Congress, Lausanne, Switzerland, October 7–13, 1984.
- Северин Г.И., Абрамов И.П., Сверщек В.И. (1988). Проблемы применения спасательного снаряжения в пилотируемых космических полетах. 38th International Astronautical Congress. Paper No. IAA-87-576, October 10–17, 1987. In: Space Safety and Rescue 1986-87, AAS Science and Technology Series, 70, Univelt, Inc., San Diego, USA.
- Северин Г.И., Абрамов И.П., Сверщек В.И. (1988). Скафандры для ВКД: проблемы обеспечения безопасности. Paper No. IAF-88-515, 39th International Astronautical Congress, Bangalore, India.
- Северин Г.И., Сверщек В.И., Абрамов И.П., Фролов В.А. (1990). Автономный комплекс для ВКД космонавтов при строительстве и обслуживании ОС и пути повышения эффективности его использования. Paper No. IAF-90-075, 41th International Astronautical Congress, Dresden, Germany, October 6–12, 1990.
- Северин Г.И., Абрамов И.П., Сверщек В.И., Стоклицкий А.Ю. (1991). Проблемы создания космических скафандров. Гагаринские научные чтения по авиации и космонавтике 1990, 1991. Наука, Москва, 12–28.
- Северин Г.И., Абрамов И.П., Мак Баррон Д., Витсет П (1994). Индивидуальные системы жизнеобеспечения космонавтов. Обеспечение ВКД. В книге «Космическая биология и медицина», том II. «Обитаемость космических летательных аппаратов», гл. 14. Совместное российско-американское издание, Наука, Москва, 1994.
- Северин Г.И., Скуг А.И., Мак Баррон Д, Уальд Р., Абрамов И.П. (1994). Совместимость международных систем для ВКД. Paper No. SAE 941553, 24th International Conference on Environmental Systems and 5th European Symposium on Space Environmental Control Systems, Friedrichshafen, Germany, June 20–23, 1994.
- Северин Г.И., Абрамов И.П., Сверщек В.И. (1995). Основные этапы разработки скафандров для ВКД. Paper IAA-95-IAA 10.1.01, 46th International Astronautical Congress, Oslo, Norway, October 2-6, 1995.
- Северин Г.И., Абрамов И.П., Сверщек В.И., Стоклицкий А.Ю. (1995). Некоторые результаты модификации скафандра для ВКД ОС «Мир». Paper No SAE 951550, 25th Environmental Conference on Environmental Systems, San Diego, CA, USA, July 10–13, 1995.
- Северин Г.И., Абрамов И.П., Сверщек В.И., Стоклицкий А.Ю. (1996). Усовершенствование скафандра для ВКД по программе ОС «Мир». Acta Astronautica, 39, 471–476.
- Северин Г.И., Абрамов И.П., Дудник М.Н., Сверщек В.И. (1999). История создания российских космических скафандров, средств спасения и жизнеобеспечения для экипажей космических кораблей и станций. Paper IAA-99-IAA.2.1.07, 50th International Astronautical Congress, Amsterdam, The Netherlands, October 4–8, 1999.
- Скуг А.И., Бертъе С., Оливье У. (1991). Европейский космический скафандр; конструкция, обеспечивающая эффективность работы и безопасность экипажа. Acta Astronautica, 23, 207–216.
- Скуг А.И. (1994). Разработка скафандра для ВКД в Европе. Acta Astronautica, 32, 25–38.

- Скуг А.И., Абрамов И.П. (1995). EVA-2000: концепция европейско-российского космического скафандра. *Acta Astronautica*, 36, 35–51.
- Скуг А.И., Мак Баррон Д., Северин Г.И. (1995). Совместимость скафандров для ВКД. *Acta Astronautica*, 37, 115–129.
- Скуг А.И., Абрамов И.П., Дудник М.Н., Стоклицкий А.Ю. (2002). Советские/Российские космические скафандры. Исторический обзор за 1960е годы. *Acta Astronautica*, 51, 113–131.
- Скуг А.И., Абрамов И.П. (2003). История Советских/Российских космических скафандров. Часть II, Эра космических станций 1970–1990гг. Paper No. IAC-03-IAA.2.3.03, 54th International Astronautical Congress, Bremen. Germany, September 29 — October 3, 2003.
- Скуг А.И., Абрамов И.П. (2004). История Советских/Российских космических скафандров. Часть III — Европейские связи. Paper № IAC-04-IAA.6.15.3.08, 55th International Astronautical Congress, Vancouver, Canada, October 4–8, 2004.
- Уманский С.П. (1970). Человек в космосе, Воениздат, Москва.
- Фуллerton Р, Цыганков О.С., Юзов Н.И., Абрамов И.П. (1997). Состояние работ по американо-российским ВКД. Paper No. 972455, 27th Environmental Conference on Environmental Systems, Nevada, USA, July 14–17, 1997.
- Хадсон Е, Emmer Д., Абрамов И.П., Моисеев Н.А., Стоклицкий А.Ю. (2000). Эффекты повышения подвижности голени скафандра при движении по пересеченной местности. Paper No. SAE 2000-01-2481, 30th International Conference on Environmental Systems, Toulouse, France, July 10–15, 2000.
- Хромушкин А.И. (1949). Скафандры и кислородное оборудование для высотных полетов. Оборонгиз, Москва.
- Циолковский К.Э. (1958). Вне Земли. Академия Наук СССР, Москва.
- Цыганков О.С. (2001). Итоги и уроки выполнения ВКД на орбитальной станции «Мир». Paper No. IAA-01-IAA.10.1.03, 52th International Astronautical Congress, Toulouse, France, October 1–5, 2001.
- Черток Б.Е. (1996). Ракеты и люди. Том I, 1994, том II, 1996, том 3, 1997, том 4, 1999, Машиностроение, Москва.
- Яздовский В.И. (1966). АН СССР, Космическая биология и медицина, под ред. В.И. Яздовского, Наука, Москва.

**Абрамов И. П., Дудник М. Н., Сверщек В. И.,
Северин Г. И., Скуг А. И., Стоклицкий А. Ю.**

Космические скафандры России

Подписано в печать 15.02.2005. Формат 70×100 1/16.
Гарнитура Школьная. Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.
Печ. л. 22,5. Тираж 1500 экз. Заказ № 4357.

ОАО «НПП Звезда»
Московская обл., Люберецкий р-н,
п. Томилино, ул. Гоголя, 39

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ФГУП «Производственно-издательский комбинат ВИНТИ»,
140010, г. Люберцы Московской обл., Октябрьский пр-т, 403.
Тел. 554-21-86



Эта книга посвящена истории разработки советских/российских космических скафандров, начиная со скафандра **Ю. ГАГАРИНА**, совершившего первый космический полёт, до скафандров орбитального базирования, в которых осуществлялись многократные выходы в открытый космос экипажами орбитальных станций. Неотъемлемой частью истории создания космических скафандров является деятельность Научно - Производственного Предприятия **“ЗВЕЗДА”** и его коллектива.

Основные авторы книги - сотрудники **“ЗВЕЗДЫ”** непосредственно участвовали в работах по созданию всех космических советских/российских скафандров, начиная со скафандра для первого полёта в космос.