

Московское Общество Охотников и Рыболовов



Е.Г.Хорхордин

Серия ОХОТНИК  
РЫБОЛОВ

# СТАЦИОНАРНЫЕ ВОДОМЕТЫ

**СПРАВОЧНИК**



ДАИРС  
Издательский Дом Рученькиных

МОСКВА  
2004

Хорхордин Е.Г. Стационарные водометы. Справочник.  
— М.: «Издательский Дом Рученькиных», 2004. — 160 с.

В пособии приведены сведения по устройству и самостоятельному изготовлению водометных движителей и стационарных водометных установок, предназначенных для глиссирующих мотолодок и катеров. Описания основных технологических приемов изготовления деталей и узлов водометов дополнены необходимыми чертежами и схемами. Материал пособия содержит информацию о наиболее известных базовых конструкциях зарубежных водометов, а также отечественных серийных водометных установках. Приводятся методики расчетов основных параметров водометов.

© Хорхордин Е.Г., 2004  
© ДАИРС, 2004  
© МООиР, 2004  
© Серия «ОХОТНИК, РЫБОЛОВ» — ООО «ДАИРС»  
© «Издательский Дом Рученькиных», 2004

## Содержание

1. Общее устройство и типы водометов .....	5
2. Рекомендации по расчету элементов водомета .....	12
2.1. Рабочее колесо (ротор) .....	12
2.2. Сопло и спрямляющий аппарат .....	20
3. Метод расчета оптимального водометного движителя .....	28
4. Конструктивные особенности водометов зарубежного производства .....	46
5. Водометные установки отечественного производства .....	63
5.1. «Луч-18» .....	63
5.2. Водометная установка разъездного катера «Аист» .....	63
6. Водометы для самостоятельного изготовления ....	69
6.1. Водометная установка катера «Кама» .....	69
6.2. Водометная установка катера «Зефир» .....	86
6.2.1. Некоторые особенности технологии изготовления водомета .....	99
6.3. Скоростной катер «Изумруд» с двухступенчатой водометной установкой .....	103
6.4. Водомет с лопаточным поджатием струи для катера «Гранд» .....	114
6.5. Методы усовершенствования водометных установок .	130
6.6. Улучшение работы водомета на волнении .....	146
6.7. Водомет на базе двигателя «СМ-557Л» для мотолодок типа «Казанка» .....	147
6.8. Резиновые подшипники для водомета .....	151
6.9. «Полуторцевой» водомет .....	154
Литература .....	159

## Предисловие

Интерес, проявляемый судостроителями-любителями к водометным катерам, не случаен. Такие суда обладают ощутимыми преимуществами перед катерами, снабженными приводом на винт, или мотолодками с подвесными моторами.

Прежде всего, это лучшие кавитационные характеристики водомета, у которого явление кавитации начинает проявляться при более высокой скорости обтекания лопастей ротора, чем это происходит в случае гребного винта. Благодаря отсутствию выступающих частей — кронштейнов, рулей, гребных валов — водометная установка вызывает меньшее сопротивление воды движению судна.

Реверсивно-рулевое устройство (РРУ) обеспечивает катеру хорошую управляемость на различных скоростях, высокие маневренные качества и эффективный реверс.

В отличие от винтовых катеров, управляемость которых зависит от поступательной скорости движения (чем выше скорость, тем лучше катер слушается руля, но возрастает радиус циркуляции), боковое усилие водометной струи, поворачивающей катер, может быть максимальным на любой скорости или вообще без хода. Водомет также позволяет с ходу преодолевать небольшие перешейки, заросшие травой или мелким кустарником, что, конечно, недопустимо с винтовой установкой.

Водометные движители работают с пониженным уровнем шума и не вызывают сильной вибрации корпуса, обеспечивают хорошую экономичность эксплуатации судна.

Цель настоящей книги — ознакомить читателей с наиболее удачными конструкциями водометов, пригодных для самостоятельной постройки. Все водометы, упомянутые в книге, эксплуатировались в течение многих навигаций и отличаются высокой надежностью.

Удачно рассчитать высокоэффективный водомет для быстроногой глиссирующей лодки очень непросто. Поэтому материал книги включает описание методов расчета, необходимых для самостоятельного проектирования водометной установки.

При составлении пособия широко использованы материалы журнала «Катера и яхты» разных лет выпуска.

## 1. Общее устройство и типы водометов

Идея создания водометного движителя появилась значительно раньше, чем был изобретен гребной винт. Еще в 1784 г. Джемс Рамsey продемонстрировал на реке Потомак первый пароход с водометным движителем. Известны также результаты испытаний, которые в 1867 г. проводил военно-морской флот Англии. На канонерской лодке длиной 50 метров, оснащенной центробежным водометом была установлена паровая машина мощностью 760 л.с. Этот двигатель при частоте вращения 40 об/мин приводил в действие насос, ротор которого имел диаметр около 4,25 м. Канонерка с такой установкой развивала скорость 17,2 км/час.

После этого были проведены многочисленные исследования и натурные испытания разнообразных конструкций водометов. Последним решением, имеющим принципиальное значение в этой области, пожалуй, оказалась идея Гамильтона, который в 1953 г. поднял сопло своего центробежного водомета над водой и таким образом получил значительный прирост скорости (с 18 до 27 км/час на его катере).

Водометный движитель действует аналогично гребному винту: вода засасывается спереди, лопатки насоса, подобно лопастям винта, придают ей ускорение, после чего вода выталкивается за корму. Любой такой движитель состоит, как правило, из насоса (винта) с валом, водометной трубы (водовода), спрямляющего аппарата (контрпропеллера) и реверсивно-рулевого устройства. При вращении насоса на засасывающей стороне его лопастей, как и гребного винта, возникает разрежение, благодаря которому вода по приемной трубе (водозаборнику) поднимается к колесу насоса. Здесь, получив некоторое ускорение, вода выбрасывается через сопло, выходное сечение которого несколько меньше, чем диаметр трубы насоса.

Применение водометных движителей на скоростных судах, как известно, сопряжено с определенными сложностями. Большое значение имеет, например, то обстоятельство, что не все, даже важнейшие элементы водомета, могли быть определены расчетом: чуть ли не в каждом случае — для каждого конкретного сочетания корпуса и силовой установки — требовалось проводить обширные эксперименты, варьируя различными параметрами движителя (диаметр и шаг ротора, сужение сопла, форма входного отверстия и сопла и т. п.).

Оказалось, что существуют свои тонкости и в выборе обводов корпуса. При установке под днищем обычного гребного винта линия действия его упора чаще всего проходит ниже центра тяжести катера; под действием этой силы судно приобретает ходовой дифферент на корму, благодаря чему соответственно уменьшается смоченная поверхность корпуса на ходу.

Водометный же движитель располагается внутри корпуса — над днищем катера, поэтому данный эффект если не исчезает, то существенно уменьшается. Таким образом, катер, рассчитанный на движение при помощи гребного винта, при установке водомета идет с меньшим ходовым дифферентом и имеет большую смоченную поверхность корпуса, следствием чего является известная потеря скорости. Кроме того, корпуса с сильно заостренной носовой оконечностью и большой «закруткой» (изменением угла килеватости по длине глисссирующей части днища) при установке водомета оказываются неустойчивыми на курсе, плохо управляются на поворотах. Выяснилось, что на водометных катерах недопустимы подпорные клинья или отгибы днища вниз у транца.

В силу неразрывности потока для прохода той же массы воды через меньшее сечение за одинаковое время скорость потока увеличивается, чем и создается упор движителя.

В настоящее время на водометных катерах применяют водозаборники двух типов: статические и динамические, или полнонапорные (рис. 1).

Большинство водоизмещающих и глисссирующих катеров, крыльчатых и скоговых судов на воздушной подушке оборудованы водозаборниками статического типа, у которых приемное отверстие размещено в обшивке корпуса катера параллельно набегающему потоку. Такая конструкция обеспечивает небольшое гид-

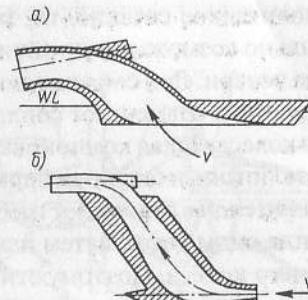


Рис. 1. Вододозаборник статический (а) и полнонапорный (б).

равлическое сопротивление в широком диапазоне скоростей потока. Характерным является также небольшая высота подъема выходного сопла и одно поворотное колено в водоводе. Однако, как показали испытания катеров, оборудованных водометами со статическим водозаборником, их мореходность ограничена — попадание воздуха в движитель при частичном оголении приемного отверстия приводит к снижению тяговых характеристик.

У полнонапорных водозаборников плоскость входного отверстия размещена перпендикулярно набегающему потоку. Применение таких водозаборников (для них характерно наличие двух поворотных колен) позволяет сократить длину движителя с надводным выбросом струи и сделать ее независимой от глубины погружения приемного отверстия. Наряду с этим имеются значительные трудности в определении расчетным путем гидравлического сопротивления этих водозаборников.

За рабочим колесом водометного движителя располагается напорный канал — сопло, формирующее струю для обеспечения тяги. Площадь на срезе сопла меньше, чем на входе в него, поскольку рабочее колесо создает повышенное давление, которое необходимо преобразовать в кинетическую энергию выбрасываемой струи, т.е. обеспечить приращение скорости. Сопло может быть сделано либо с внешним поджатием — в этом случае в конце проточной части предусматривается сужение наружного трубопровода, либо с внутренним поджатием, которое осуществляется расширением центрального тела, являющегося продолжением ступицы спрямляющего аппарата.

При выборе формы и геометрических элементов выходного сопла стремится обеспечить плавный отвод жидкости от насоса,

необходимое гидравлическое сечение, т.е. площадь выходного отверстия, максимально возможную устойчивость и минимальные гидравлические потери. Для сокращения длины движителя в некоторых конструкциях совмещают сопло со спрямляющим аппаратом рабочего колеса. Такая компоновка позволяет уменьшить диффузорность потока и снизить гидравлические потери.

У водометных движителей в отличие от гребных винтов нельзя изменять направление силы упора путем изменения направления вращения рабочего колеса. Поэтому эти движители оборудуются специальными реверсивными устройствами, отклоняющими реактивную струю на  $\sim 180^\circ$ , что приводит к изменению направления действия силы реакции струи, а значит, и направления тяги движителя. Поскольку эти устройства используются также и для управления катером, их обычно называют реверсивно-рулевыми (РРУ).

Конструктивно осевые насосы могут быть выполнены по одноступенчатой или многоступенчатой схемам (рис. 2).

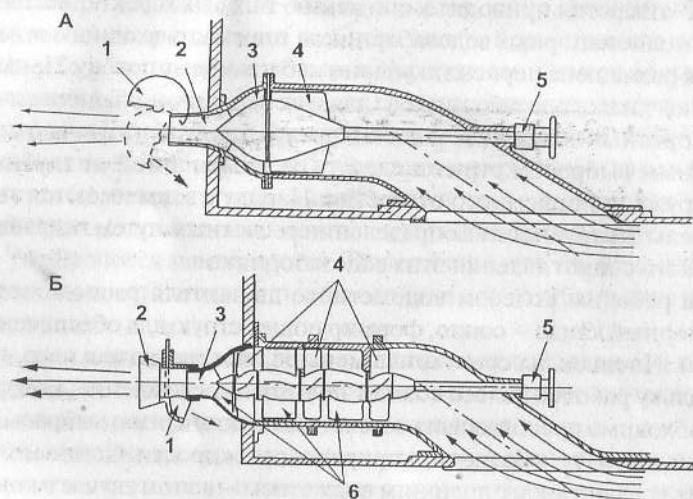


Рис. 2. А – Одноступенчатый осевой насос.  
1 – сопло реверса; 2 – сопло; 3 – спрямляющий аппарат;  
4 – рабочее колесо; 5 – привод.  
Б – Трехступенчатый осевой насос.  
1 – сопло реверса; 2 – заслонка управления; 3 – сопло; 4 – три рабочих колеса; 5 – привод; 6 – направляющие аппараты.

Существуют также водометы с так называемым диагональным насосом (Рис. 3).

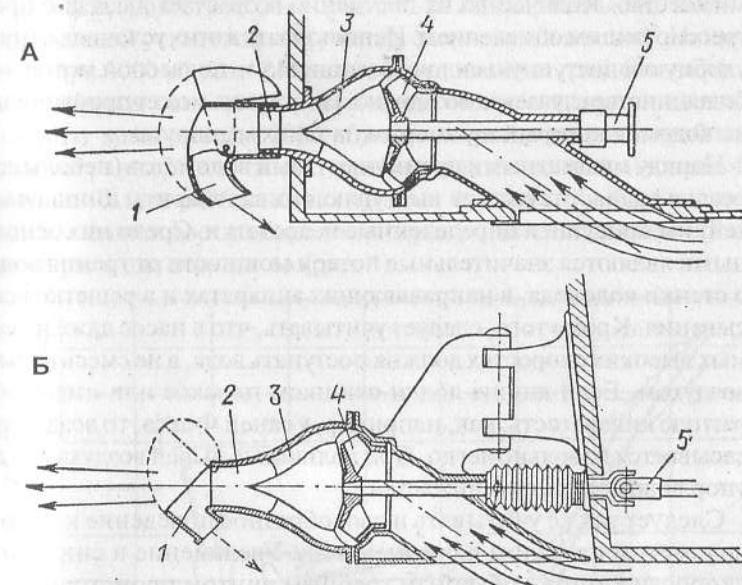


Рис. 3. А – Диагональный насос (США). Устанавливается на патрульных катерах. 1 – сопло реверса; 2 – сопло; 3 – спрямляющий аппарат; 4 – рабочее колесо; 5 – привод.

Б – Поворотный водомет с диагональным насосом, установленный за транцем катера. 1 – сопло реверса; 2 – сопло; 3 – спрямляющий аппарат; 4 – рабочее колесо; 5 – привод.

Полемика о целесообразности применения водометных движителей на катерах и мотолодках продолжается не один десяток лет. Например, в нашей стране, начиная еще с 60-х годов, когда появились первые проекты отечественных подвесных водометных моторов, конструкторы и производственники не приходят к общему мнению по этому вопросу.

Поскольку тема весьма актуальна и по сей день (приверженцев той и другой точки зрения всегда было достаточно), стоит несколько подробнее остановиться на аргументах сторон.

Излишне говорить, что к сторонникам промышленного производства водометов в основном относятся те водномоторники, которые вынуждены часто преодолевать перекаты, мели, заросшие

травой участки водоемов. Действительно, мелких, порожистых, засоренных молевым сплавом леса рек и речушек у нас великое множество. Количество их постоянно возрастает в связи с прогрессирующим обмелением. Использовать в этих условиях самую удобную и доступную силовую установку — подвесной мотор — в большинстве случаев невозможно. На помощь может прийти только водомет, который незаменим на таких маршрутах.

Наряду с известными преимуществами водометов (небольшая осадка судна, отсутствие выступающих за габариты днища частей) им присущи и определенные недостатки. Среди них основными являются значительные потери мощности от трения воды о стенки водовода, в направляющих аппаратах и в решетке всасывания. Кроме того, следует учитывать, что в насос даже на самых высоких скоростях должна поступать вода, а не смесь воды с воздухом. Если днище лодки слишком плоское или имеет обратную килеватость, как, например, у саней Фокса, то воздух заасасывается довольно легко. При наличии пузырей воздуха в воде упор водомета резко снижается.

Следует также учитывать и своеобразное поведение катера с водометом на малом и среднем ходу. Увеличение и снижение скорости катера с обычным гребным винтом происходит почти пропорционально частоте вращения двигателя. Совсем по-другому ведет себя водометный двигатель. Высокая скорость выброса струи достигается благодаря создаваемому в насосе давлению, а также правильно подобранному диаметру выходного сопла. Чтобы струя вызывала наибольший реактивный эффект, вся установка, состоящая из двигателя, насоса и выпускного сопла, должна быть рассчитана на максимальные мощность и частоту вращения двигателя. Как только частота вращения снижается, и катер теряет скорость, давление в системе начинает прогрессивно уменьшаться, так как диаметр сопла отрегулирован на максимальную частоту вращения. В результате скорость снижается в значительно большей степени, чем частота вращения двигателя. Другими словами, на водомете очень трудно (а порой и невозможно) получить промежуточные величины скоростей. Например, при плавном увеличении оборотов катер вначале будет идти со скоростью 15 км/час, а в какой-то момент резким скачком повысит скорость до 50 км/час. Это может происходить даже при очень незна-

чительном повышении оборотов. Такая же картина может наблюдаться и при снижении оборотов двигателя.

Для наглядности можно сравнить режимы работы винтовой и водометной установок при разных скоростях движения. Например, при 4000 об/мин 2 лодки, оборудованные гребным винтом и водометом, имеют скорость около 60 км/час, при снижении частоты вращения до 2000 об/мин скорость лодки с гребным винтом равна 27 км/час, а с водометным двигателем — лишь 14 км/час. Такую особенность отражает ступенчатая форма диаграммы зависимости скорости катера от частоты вращения, характерная для водометов (рис. 4).

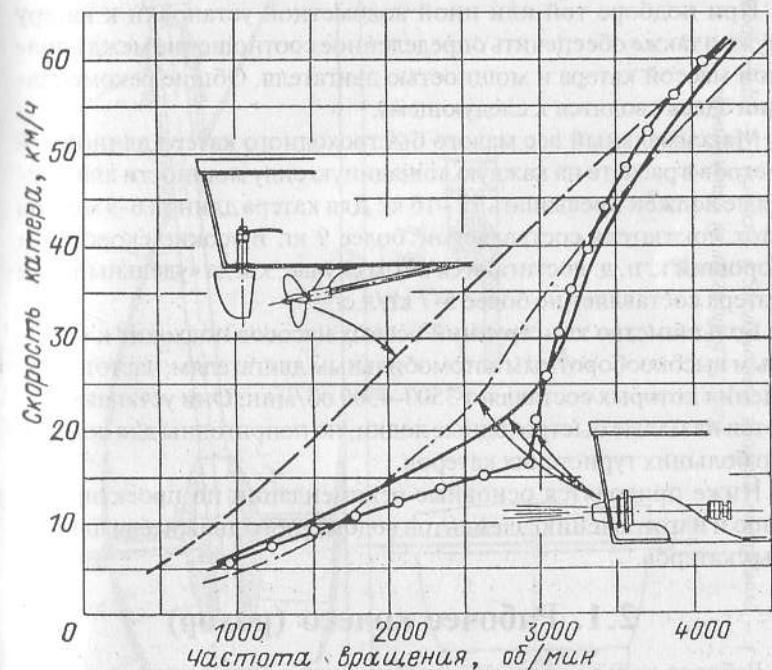


Рис. 4. Диаграмма зависимости скорости катера с водометным двигателем и гребным винтом от частоты вращения двигателя (по Баадеру, 1976).

## 2. Рекомендации по расчету элементов водомета

При подборе той или иной водометной установки к катеру нужно также обеспечить определенное соотношение между полной массой катера и мощностью двигателя. Общие рекомендации здесь сводятся к следующему.

Максимальный вес малого быстроходного катера длиной 4-6 метров в расчете на каждую лошадиную силу мощности двигателя не должен превышать 12 - 16 кг. Для катера длиной 6-9 метров этот показатель составляет не более 9 кг. Высокие скорости и хороший К. п. д. достигаются в том случае, когда «удельный» вес катера составляет не более 5-7 кг/л.с.

Большинство конструкций осевых насосов подходит к обычным высокооборотным автомобильным двигателям, частота вращения которых составляет 3500-4500 об/мин. Они устанавливаются на малые быстроходные лодки, но непригодны для довольно больших туристских катеров.

Ниже приводятся основные рекомендации по проектированию и изготовлению элементов водометного движителя для малых катеров.

### 2.1. Рабочее колесо (ротор)

Рабочее колесо водометного движителя в принципе работает как гребной винт, поэтому расчет его основных характеристик можно проводить методом эквивалентного винта по диаграммам для изолированных винтов, но с учетом специфических условий работы в трубе и взаимодействия с корпусом судна. Не вдаваясь в теоретическую часть, поясним использование широко распространенного метода А. Басина на примере расчета ра-

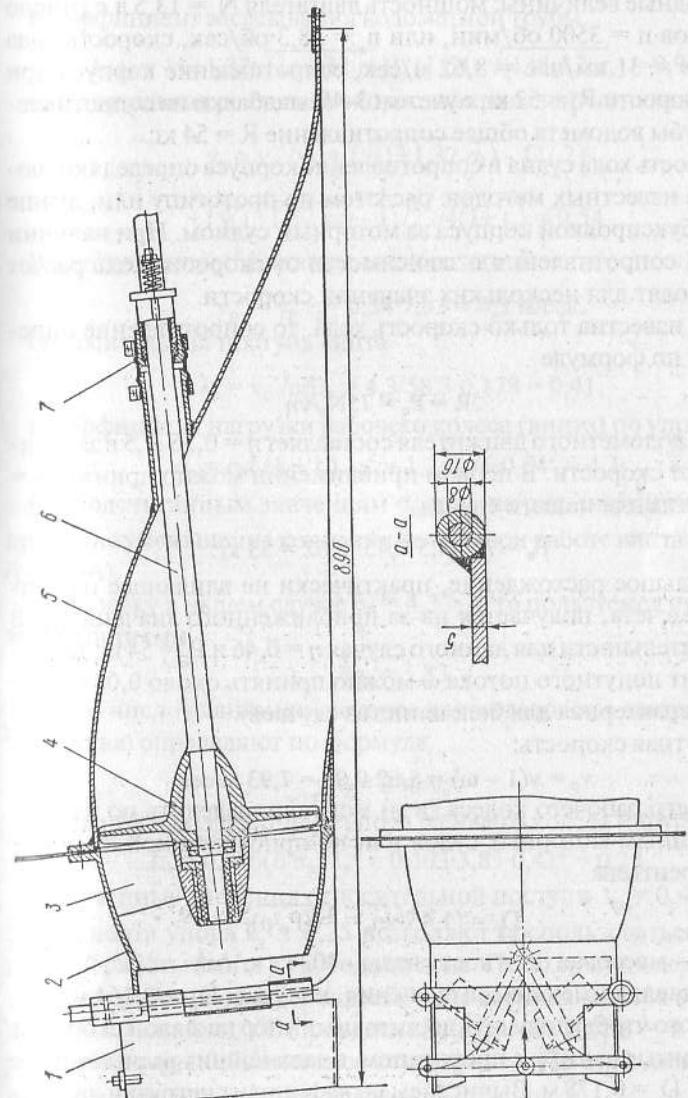


Рис. 5. Водометный движитель.  
1 – рабочее колесо (ротор); 2 – рулевое устройство; 3 – сопло; 4 – водометная труба; 6 – гребной вал; 7 – сальниковое уплотнение;  
4 – рабочее колесо (ротор); 5 – рулевое устройство; 6 – сопло; 3 – спрямляющий аппарат; 7 – сальниковое уплотнение.

бочего колеса серийного водомета, выпускавшегося с двигателем «СМ-557Л» (рис. 5).

Исходные величины: мощность двигателя  $N_e = 13,5$  л.с., число оборотов  $n = 3500$  об/мин, или  $n_c = 58,3$  об/сек, скорость хода лодки  $v = 31$  км/час = 8,62 м/сек, сопротивление корпуса при этой скорости  $R_k = 52$  кг, с учетом 3-4% надбавки на сопротивление трубы водомета общее сопротивление  $R = 54$  кг.

Скорость хода судна и сопротивление корпуса определяют любым из известных методов: расчетом по прототипу или, лучше всего, буксировкой корпуса за моторным судном. При наличии кривой сопротивления в зависимости от скорости хода расчет производят для нескольких значений скорости.

Если известна только скорость хода, то сопротивление определяют по формуле

$$R = P_e / v \eta$$

КПД водометного движителя составляет  $\eta = 0,35-0,5$  в зависимости от скорости. В первом приближении можно принять  $\eta = 0,45$ , тогда для нашего случая

$$P_e = 75 \cdot 13,5 \cdot 0,45 / 8,62 = 53 \text{ кг.}$$

Небольшое расхождение, практически не влияющее на точность расчета, получается из-за приближенного значения  $\eta$ . В действительности для данного случая  $\eta = 0,46$  и  $P_e = 54$  кг. Коэффициент попутного потока  $\omega$  можно принять около 0,08 (величина, характерная для большинства случаев).

Расчетная скорость:

$$v_p = v(1 - \omega) = 8,62 \cdot 0,92 = 7,93 \text{ м/сек.}$$

Диаметр рабочего колеса (в м) можно определить по известным данным моторных судов или по приближенной формуле М. Лаврентьева

$$D_p = (1,45 / \sqrt{n_s}) \cdot \sqrt[4]{(P_e / \rho)},$$

Где  $\rho$  – массовая плотность воды – 102 кг·с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>.

Подставляя имеющиеся значения, получим  $D_p = 0,164$  м.

Для того чтобы получить достаточный упор на малой скорости и сравнимые данные с прототипом, в дальнейших расчетах принимаем  $D_p = 0,178$  м. Вычисляем коэффициент нагрузки движителя по полезной тяге

$$\sigma_e = 8 P_e / \rho v_p^2 \pi D_p^2 = 8 \cdot 54 / 102 \cdot 7,93^2 \cdot 3,14 \cdot 0,178^2 \approx 0,7$$

и коэффициент нагрузки движителя по упору

$$\sigma_k = 1,11 \sigma_e + 0,17 \{ \sqrt{(1+1,32 \sigma_e)} + 1 \} = 1,2$$

Коэффициент засасывания водометной трубы

$$1+t_b = \{ 1+1,32 \sqrt{(1+1,32 \sigma_k)} \} / \{ 1,64 + \sqrt{(1+1,32 \sigma_k)} \} = 0,96.$$

Относительная расчетная скорость эквивалентного винта

$$\gamma_p = v_p / v_p' = \{ \sqrt{(1+1,32 \sigma_k)} - 1 \} / 2 +$$

$$+ \{ \sqrt{(1+1,32 \sigma_k)} - 1 \} / 2,64(1+t_b) = 0,54.$$

Расчетная скорость эквивалентного винта

$$v_p' = \gamma_p v_p = 0,54 \cdot 7,93 = 4,3 \text{ м/сек.}$$

Относительная поступь винта

$$\lambda_p = v_p' / n_s D_p = 4,3 / 58,3 \cdot 0,178 = 0,41.$$

Коэффициент нагрузки рабочего колеса (винта) по упору

$$\sigma_p = \sigma_k / (1 + t_b) \lambda_p^2 = 1,2 / 0,96 \cdot 0,41^2 = 4,3.$$

По подсчитанным значениям  $\sigma_p$  и  $\lambda_p$  на рис. определяем поправку на уменьшение концевых потерь при работе винта в трубе (рис. 6А).

Поскольку в нашем случае  $\sigma_p = 4,3 > 2$ , то пользуемся штриховыми линиями

$$\delta \sigma_p = 3,83,$$

где  $\delta$  – число кавитации, которое для мотолодок с достаточной точностью определяют по формуле

$$\delta = 206 / v_p'^2$$

Вычисляем коэффициент упора рабочего колеса (винта)

$$k_1 = 0,393(\delta \sigma_p) \lambda_p^2 = 0,393 \cdot 3,83 \cdot 0,41^2 = 0,25.$$

Полученные значения относительной поступи  $\lambda_p = 0,41$  и коэффициента упора  $k_1 = 0,25$  позволяют воспользоваться диаграммой работы винта в свободной воде. Поскольку дисковое отношение рабочих колес водомета чаще всего находится в пределах 0,6-0,8, на рис. 6Б приведена диаграмма для  $z = 4$  (число лопастей) и  $\theta = 0,7$  (дисковое отношение). По этой диаграмме при  $\lambda_p = 0,41$  и  $k_1 = 0,25$  получаем

$$(H/D)' = 0,88, \quad \eta = 0,46.$$

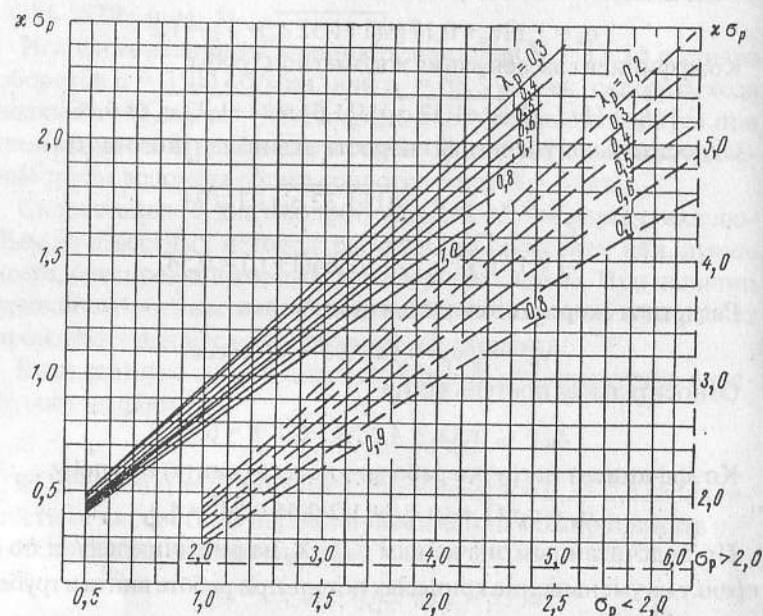
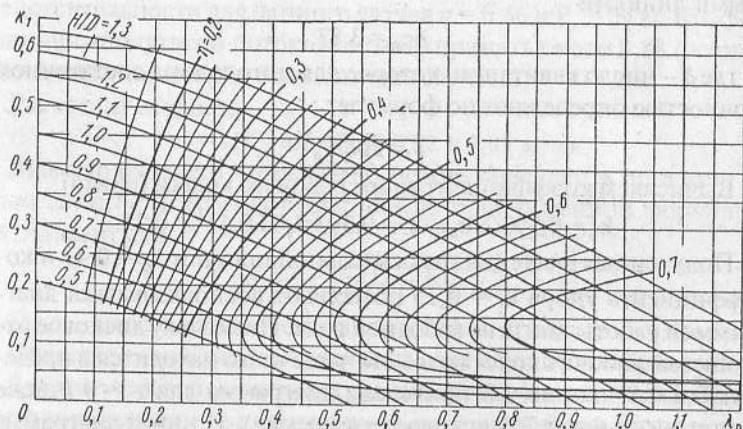
**A****Б**

Рис. 6. А - Поправка на уменьшение концевых потерь при работе винта в трубе. Б - Диаграмма для расчета гребных винтов при  $z = 4$  и  $\theta = 0,7$ .

Действительное шаговое отношение

$$H/D = 0,94(H/D)^c = 0,825$$

Данное значение  $H/D$  относится, строго говоря, к диаметру, определенному по расчету -  $D_p = 0,164$  м. В таком случае шаг колеса равен  $H = (H/D) \cdot D_p = 0,825 \cdot 0,164 = 0,135$  м.

Сравнивая с шагом колеса, принятым в проекте  $H = 130$  мм, видим, что расхождение находится в пределах точности расчета.

Для полученных элементов мощность, подведенная к винту,

$$N_p = 0,534D^2 \sigma_p (v_p)^3 / \eta = 12,5 \text{ л.с.}$$

Располагаемая мощность на винте при КПД валопровода  $\eta_{\text{мех}} = 0,97$  равна

$$N_p = 0,97 \cdot 13,5 = 13 \text{ л.с.}$$

Таким образом, полученные элементы рабочего колеса:

$$D = 0,178 \text{ м}, H = 0,135 \text{ м}, z = 4, \eta = 0,46$$

обеспечивают выполнение задания, а небольшой запас мощности в 0,5 л.с. компенсирует возможные неточности расчета. Если необходимая мощность на винте будет значительно отличаться от полученной, то расчет следует повторить для другого значения скорости, определяемой по формуле

$$v_2 = v_1 \sqrt{(N_p / N_{p1})}$$

В настоящее время разработано и проверено на практике несколько конструкций водометных движителей для различных сочетаний мощности и скорости. Данные по этим водометам могут быть использованы как для проверки результатов расчета по любой методике, так и в качестве прототипа при проектировании нового движителя. В последнем случае общие параметры моторного судна можно определить любым доступным методом. Однако расчет элементов движителя по известным формулам подобия не всегда возможен, так как эти формулы учитывают, как правило, изменение только одного параметра, в то время как практически изменяются все исходные данные — мощность, число оборотов, скорость.

В таких случаях можно пользоваться приведенными ниже формулами, которые были получены на основании известных зависимостей для определения диаметра и шага гребного винта.

Если обозначить все данные мотолодки-прототипа с индексом «О», то для проектируемого судна определяют:

диаметр рабочего колеса

$$D = D_o \sqrt{(n_o/n)} \cdot \sqrt[4]{(Nv_o/N_o v)};$$

шаг рабочего колеса

$$H = H_o (v n_o / v_o n).$$

Поясним методику использования этих формул на примере. Принимая в качестве прототипа водометный движитель, представленный на рис. 5, определим элементы движителя для катера со скоростью хода  $v = 50$  км/час, двигателем мощностью 52 л.с. с числом оборотов 3600 об/мин:

диаметр рабочего колеса

$$D = 0,178 \sqrt{(3500/3600)} \cdot \sqrt[4]{(52 \cdot 31/13,5 \cdot 50)} = 0,218 \text{ м};$$

шаг рабочего колеса

$$H = 0,130 (50 \cdot 3600 / 31 \cdot 3500) = 0,215 \text{ м}.$$

Реальные величины, принятые для данного катера (мотолодка «Кама», оборудованная двигателем «М-20» мощностью 52 л.с.), равны  $D = 0,218$ ;  $H = 0,210$  м, т.е. описанный метод пересчета обеспечивает вполне удовлетворительную точность.

Дисковое отношение рабочего колеса водометного движителя выбирается, в основном, исходя из условий прочности и максимального упора на швартовах, равного 6-8,5 кг/л.с. При обычно принимаемом числе лопастей  $z = 4$  и рекомендуемой ниже относительной толщине их профиля дисковое отношение составляет 0,6-0,8, причем большие значения относятся к более нагруженным движителям.

В целях минимизации концевых потерь вследствие перетекания воды через край лопастей и для предотвращения кавитации зазор между краем лопасти и водометной трубой должен быть минимальным (не более 0,5-1,0 мм) по всему периметру края лопасти. Этому условию в наибольшей степени удовлетворяют лопасти в виде симметричного сектора с обработанным по радиусу краем. Такую форму чаще всего и применяют для лопастей рабочего колеса водомета.

Многочисленные теоретические исследования и практика показали, что лучший профиль сечений лопасти — сегментный, в котором максимальная толщина расположена посередине (рис. 7).

Относительную толщину профиля (отношение толщины лопасти к ее ширине на данном радиусе) можно несколько уменьшить по сравнению с гребным винтом: от 0,06-0,08 у корневых сечений до 0,02-0,04 у крайних, в зависимости от материала.



Рис. 7. Сегментное сечение лопасти.

Ступица рабочего колеса для обеспечения необходимой скорости протекания воды развита больше, чем у обычных гребных винтов; ее относительный диаметр обычно составляет

$$d_{cr}/D = 0,30 - 0,45,$$

где меньшие значения относятся к более быстроходным судам. Форма ступицы должна обеспечить плавность перехода от гребного вала к ступице и далее к втулке подшипника и обтекателю (при его наличии).

В качестве примера на рис. 8 приведен чертеж рабочего колеса водометного движителя, показанного на рис. 5.

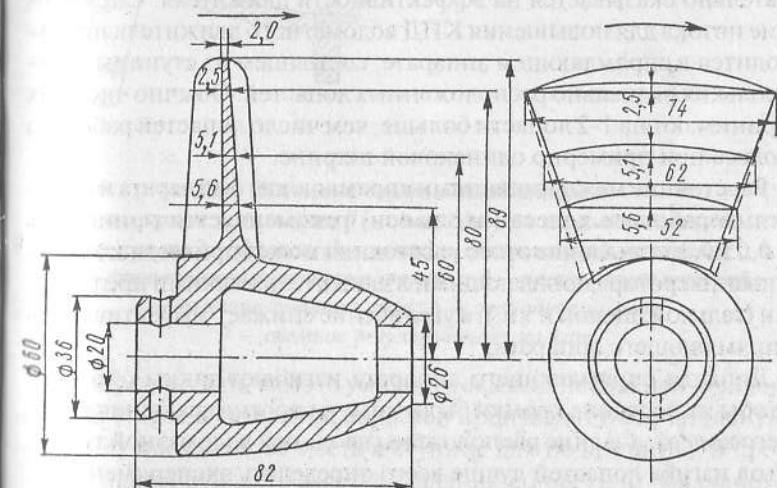


Рис. 8. Рабочее колесо водометного движителя.  
D = 0,178 м; H = 0,130 м; H/D = 0,73;  $\theta = 0,6$ ; z = 4.

Крепление колеса на валу в данном случае осуществляется сквозным штифтом  $\varnothing 6$  мм (для более мощных двигателей применяется шпонка).

В целях упрощения конструкции колеса переднюю часть его ступицы можно сделать в виде отдельного легкого обтекателя,

однако в этом случае на гребном валу должен быть выполнен буртик у носового конца ступицы для восприятия упора рабочего колеса.

Материалы и способы изготовления рабочих колес водометных движителей такие же, как и гребных винтов. Следует только учитывать, что в данном случае необходима более высокая точность изготовления, особенно это касается диаметра колеса.

## 2.2. Сопло и спрямляющий аппарат

Рабочее колесо водометного движителя одновременно с полезной работой по перемещению массы воды закручивает поток в направлении своего вращения. На это бесполезно тратится часть мощности двигателя. Кроме того, если через сопло выбрасывается закрученный поток, то это ведет к разбросу струи, что отрицательно сказывается на эффективности движителя. Спрямление потока для повышения КПД водометного движителя производится в спрямляющем аппарате, состоящем из ступицы и нескольких радиально расположенных лопастей. Обычно число их принимают на 1-2 лопасти больше, чем число лопастей рабочего колеса при примерно одинаковой ширине.

Расстояние между лопастями спрямляющего аппарата и лопастями рабочего колеса (вдоль оси) рекомендуется принимать  $\sim 0,05D$ . Уменьшение этого расстояния может привести к заклиниванию ротора попадающими в движитель мелкими предметами (галькой, щепой и т.п.), а увеличение снижает эффективность спрямляющего аппарата.

Лопасти спрямляющего аппарата изгибают таким образом, чтобы их передние кромки были загнуты против вращения рабочего колеса, а задние расположены вдоль оси водометной трубы. Угол изгиба лопастей лучше всего определять экспериментально, принимая в первом приближении угол отгиба передних кромок  $30\text{--}40^\circ$ , или по данным подходящего прототипа, например, приведенного на рис. 9.

Толщину лопастей для стали и латуни принимают 1,5-2,5 мм, а для алюминиевых сплавов 3-5 мм.

Наименее трудоемок в условиях любительского судостроения сварной вариант спрямляющего аппарата, когда лопасти привариваются к предварительно выточенной ступице и соплу или, в случае изготовления сопла из стеклопластика, - к специальному

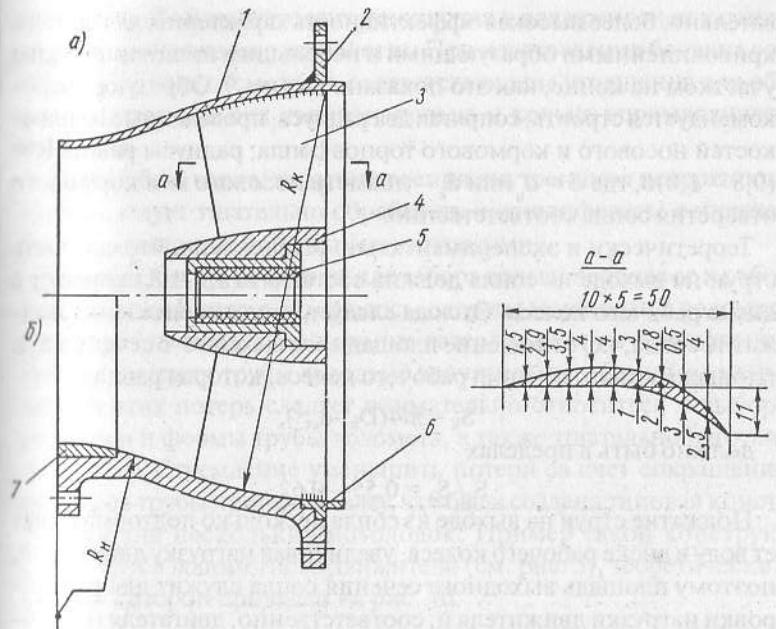


Рис. 9. Сопло и спрямляющий аппарат.  
а — в сварном исполнении; б — с закладным и съемным кольцами;  
1 — сопло; 2 — фланец; 3 — лопасть спрямляющего аппарата;  
4 — ступица спрямляющего аппарата; 5 — резинометаллический  
подшипник гребного вала; 6 — закладное кольцо;  
7 — съемное регулировочное кольцо.

закладному кольцу, как это условно показано на нижней половине рис. 9. После приварки лопастей производят окончательную расточку посадочного места в ступице для подшипника и проточку центрирующего выступа фланца сопла (или закладного кольца).

Вкладыши подшипника гребного вала чаще всего выполняют в виде резинометаллической втулки, хотя можно применять и вкладыши из текстолита ПТК-С и других материалов, обеспечивая достаточный зазор.

Сопло, как уже отмечалось, служит для создания компактной струи выбрасываемой воды и увеличения ее скорости. С этой целью сопло сужают к кормовой части. Это сужение можно делать коническим, однако меньшие потери мощности, а, следо-

вательно, более высокая эффективность характерны для сопел с криволинейными образующими и небольшим цилиндрическим участком на конце, как это показано на рис. 9. Образующие рекомендуется строить, сопрягая два радиуса, проведенные из плоскостей носового и кормового торцов сопла; радиусы равны  $R = (0,8 - 1,0)d$ , где  $d = d_n$  или  $d_k$  – диаметр носового или кормового отверстия сопла соответственно.

Теоретически и экспериментально установлено, что скорость струи на выходе из сопла должна составлять 1,6-1,8 скорости в диске рабочего колеса. Отсюда следует, что относительное поджатие сопла, т.е. отношение площади его выходного сечения  $S_c$  к площади живого сечения рабочего колеса, которая равна

$$S_k = \pi/4(D_k^2 - d_{ct}^2),$$

должно быть в пределах

$$S_c/S_k = 0,55 - 0,62.$$

Поджатие струи на выходе из сопла несколько подтормаживает воду в диске рабочего колеса, увеличивая нагрузку движителя, поэтому площадь выходного сечения сопла служит для регулировки нагрузки движителя и, соответственно, двигателя (подобно шаговому отношению гребных винтов). Так, если двигатель не развивает нормального числа оборотов, необходимо облегчить движитель, увеличив выходное отверстие сопла и, наоборот, если число оборотов двигателя больше нормального, то выходное отверстие следует уменьшить. Такое согласование работы двигателя и движителя неизбежно, поэтому рекомендуется конструкция сопла со съемными кольцами (нижняя половина рис. 9). Имея в запасе 3-4 кольца, внутренние диаметры которых отличаются на 4-5 мм один от другого (один меньше, другие больше расчетного диаметра), всегда можно подобрать оптимальное выходное сечение сопла для данных условий загрузки.

Материал и способ изготовления сопла зависят от возможностей строителя. Сопло можно изготовить литьем из алюминиевых сплавов, сварным из нержавеющей или углеродистой стали, алюминиевых сплавов и т.п. Толщина стенок при этом составляет 3-5 мм. Доступнее изготовление сопла, выклеиваемого на деревянном отшлифованном болване из стеклоткани на эпоксидной смоле; толщина стенок такого сопла равна 8-10 мм. Одновременно выклеивают фланцы сопла — для крепления к водо-

метной трубе и транцу моторного судна и для крепления к соплу реверсивно-рулевого устройства. При изготовлении болвана со-  
гла следует предусмотреть соответствующие утолщения для об-  
разования гнезд под съемные кольца и кольцо спрятывающего  
аппарата.

При любом варианте изготовления внутреннюю поверхность сопла следует тщательно обработать и отшлифовать; сопряжения поверхностей должны быть плавными.

Водомётная труба служит для забора воды и подвода ее к рабочему колесу. Как уже отмечалось, затраты мощности в водомётной трубе на подъем воды выше ватерлинии и на преодоление трения о стенки трубы довольно значительные. С целью уменьшения этих потерь следует внимательно относиться к выбору размеров и формы трубы водомета, а также тщательно изготавливать ее. Стремление уменьшить потери за счет сокращения размеров трубы привело к тому, что была создана типовая конструкция для нескольких мотолодок. Пример такой конструкции – труба водомётного движителя (см. рис. 5), теоретический чертеж которой приведен на рис. 10.

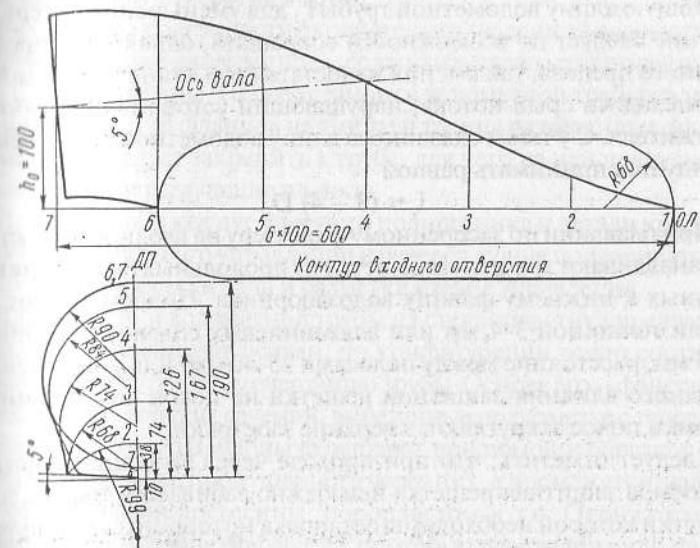


Рис. 10. Теоретический чертеж водометной трубы.

Обычно со стороны транца эта труба круглого сечения, а у днища она переходит в раструб овальной формы.

Диаметр водометной трубы в месте установки рабочего колеса  $D_t$  определяется диаметром последнего с учетом необходимого зазора. Высота подъема оси трубы над ОЛ —  $h_o$  — определяется компоновкой всего комплекса с учетом размещения двигателя в корпусе и всех деталей движителя. Для уменьшения затрат мощности на подъем воды эту высоту следует выбирать минимальной. У различных моторных судов эта высота составляет

$$h_o = (1,1 - 1,3) D_r / 2.$$

Наклон оси трубы или оси вала в корму рекомендуется предусматривать не более 5°.

Для обеспечения плавного подтока воды к движителю входное сечение водометной трубы обычно выполняют овальной формы с соотношением сторон  $l_{bx}/b_{bx} = 3 - 5$ , при этом ширину входного отверстия  $b_{bx}$  или принимают равной диаметру трубы  $D_r$ , или уменьшают до  $b_{bx} \approx 0,75 D_r$ . Назначая размеры водозаборного отверстия, необходимо соблюдать следующее условие: угол передней стенки трубы  $b_{bx}$  не должен превышать 30-35° (во избежание завихрения потока).

Общую длину водометной трубы  $l_t$ , для уменьшения потерь на трение следует по возможности сокращать, однако до определенного предела, так как при недостаточной длине трубы может происходить срыв потока, нарушающий устойчивость работы движителя. С учетом сказанного длину водометной трубы рекомендуется принимать равной

$$l_t = (3 - 4) D_r.$$

При плавании по засоренному фарватеру на входное отверстие устанавливают защитную решетку из продольных полос, приваренных к нижнему фланцу водозаборника. Полосы делают из стали толщиной 3-4 мм или алюминиевых сплавов толщиной 4-5 мм, расстояние между полосами 25-40 мм. Для уменьшения вредного влияния защитной решетки на поток воды нижние кромки полос закругляют, а верхние заостряют.

Следует отметить, что при проходе через заросшие участки водоемов защитная решетка неизбежно забивается травой, для очистки которой необходимы остановка моторного судна и «легководолазные» работы. Это один из недостатков водометного движителя, но с ним, к сожалению, приходится мириться.

Водометную трубу в любительских условиях можно изготовить сварной из алюминиево-магниевых сплавов толщиной 2-3 мм, из нержавеющей (1,5-2 мм) или углеродистой стали (2-2,5 мм), а также выклепить из стеклоткани на эпоксидной смоле (толщина стенок 5-6 мм).

При сварном варианте по теоретическому чертежу трубы изготавливают деревянный болван, на котором выколачивают две половины растрuba. Внутреннее отверстие нижнего фланца вырезают по форме входного отверстия водозаборника. Фланец изгибают по килеватости днища. К транцевому фланцу приваривают кольцо трубы, внутренний диаметр которой  $D_t$ , а длина равна длине цилиндрической части водометной трубы (как правило, 20-50 мм), после чего производят проточку их по заданным размерам. Следует предусмотреть центрирующую заточку на фланце для соединения с соплом и транцем. При сборке заготовленных деталей под сварку необходимо выдерживать заданный угол наклона гребного вала. Патрубок для дейдвудного подшипника выставляют по струне, натянутой через центр транцевого фланца по оси валопровода через предварительно вырезанное небольшое отверстие в трубе.

Внутренние поверхности окончательно сваренной водометной трубы, особенно сварные швы, должны быть тщательно зачищены и отшлифованы. После установки водометной трубы на место и закрепления фланцев на днище и транце разрезанные фортимберсы следует закрепить к трубе, для чего на ней предусматривают соответствующие планки.

Площадку под корпус упорного подшипника и детали крепления блоков рулевого управления и реверса лучше приваривать по месту после укладки вала и разметки схемы управления.

Для выклепки водометной трубы из стеклопластика предварительно изготавливают болван, по конфигурации точно соответствующий внутреннему очертанию трубы. Основа его — фанерные шаблоны нескольких сечений, вырезанные по разметке с теоретического чертежа. Шаблоны скрепляют при помощи обрезков дерева и фальшвала, пропущенного через них, а промежутки заполняют обрезками древесины, поропластом и т.п. Окончательно поверхность болвана получают с помощью пластилина или парafina. На носовой конец фальшвала надевают предварительно изготовленный металлический корпус упорного подшипника, а на

кормовом конце болвана закрепляют металлическую гильзу, которая должна расположиться в плоскости рабочего колеса водомета. Внутреннюю поверхность этой гильзы тщательно обрабатывают по размеру  $D_t$ , а в наружной для лучшего сцепления со стеклопластиком протачивают небольшие кольцевые канавки (это относится и к корпусу упорного подшипника).

Подготовленный болван устанавливают и закрепляют в специальной оснастке, имитирующей кормовую часть моторного судна (днище и транец). В оснастке должны быть предусмотрены соответствующие углубления с ограничителями для образования фланцев водометной трубы. После сборки всей оснастки и проверки необходимых размеров приступают к выклейке трубы из стеклоткани на эпоксидной смоле (толщина стенок 5-6 мм) с местным утолщением в месте крепления упорного подшипника.

Реверсивно-рулевое устройство водометного движителя обеспечивает управляемость моторного судна путем соответствующего отклонения выбрасываемой струи воды. Изменяя направление выброса струи на обратное (при сохранении неизменным направления вращения рабочего колеса водомета), судну дают задний ход.

Величина упора на заднем ходу обычно составляет 0,3-0,4 упора на переднем ходу в швартовом режиме, достигая в лучших конструкциях 0,5.

Реверсивно-рулевым устройством может быть поворотная насадка, заслонки, створки и пр. Наибольшее распространение благодаря простоте устройства получили створчатые конструкции. В данном случае лодкой управляют, отклоняя выходящую из сопла струю воды двумя связанными шарнирной тягой вертикально расположенными рулевыми пластинами, которые изогнуты снизу и шарнирно навешены на сопло. Для поворотов параллельно отклоняют рулевые пластины вправо или влево посредством баллера, жестко соединенного с одной из пластин. Задний ход обеспечивают, воздействуя тросовым приводом на шарнир тяги, рулевые пластины сближаются и направляют струю воды под корпус в сторону носа моторного судна.

При створчатой конструкции реверсивно-рулевого устройства на сопле водомета предусматривают специальные детали для образования канала заднего хода и навешивания рулевых пластин.

Сварной вариант подобного сопла показан на рис. 11.

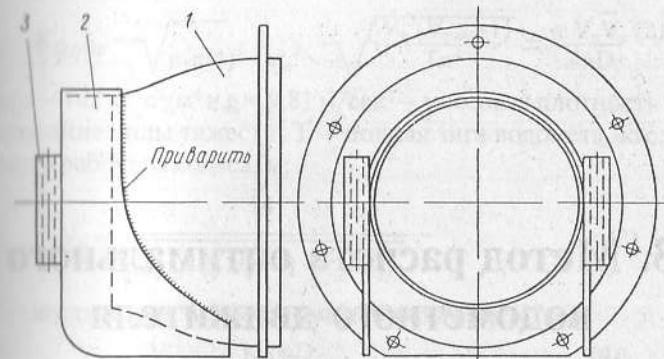


Рис. 11. Сварная реверсивная камера.

1 – сопло; 2 – лист камеры;  
3 – петли для навешивания рулевых пластин.

В этом случае канал образует фигурная деталь 2, которую огибают по верхней половине выходного отверстия сопла и приваривают к нему. Деталь вырезают из листового материала (того же, что и материал сопла) по предварительно снятому шаблону. Радиус скругления нижнего кормового угла детали 2 должен соответствовать радиусу отгиба нижней части рулевых пластин. Для навешивания пластин к образующей канала приваривают петли 3.

Изложенная выше методика расчета водометного движителя предполагает наличие основных исходных параметров двигателя и катера или его прототипа. Однако эти исходные данные в полном объеме имеются далеко не всегда, и удачный расчет высокоэффективного водомета для быстроходной глисссирующей лодки становится трудновыполнимым. Намного упрощает задачу пригодимые ниже графики и диаграммы, разработанные специально для подбора оптимальных параметров водомета и судна.

### 3. Метод расчета оптимального водометного движителя

Как правило, водометы быстроходных глиссирующих катеров выполняются одноступенчатыми. В этом случае оптимально спроектированное рабочее колесо работает в широком диапазоне скоростных режимов без возникновения кавитации лопастей. Поэтому характеристики водомета обычно определяются для условий установившегося глиссирования на полном ходу.

В ряде случаев, минуя сложные расчеты, легче подобрать лопастную систему водомета на базе экспериментально исследованных моделей типовых насосов и рабочих колес с известными геометрическими элементами. Однако при этом важно связать область оптимальных по КПД характеристик насоса с остальными параметрами водомета, исходя из заданной мощности  $N$  (л.с.) двигателя и частоты вращения  $n$  (об/сек) рабочего колеса. При таком подходе необходимо также учесть зависимость достижимой скорости хода от гидравлического сопротивления водозаборника и кавитационных качеств рабочего колеса.

Результаты модельных испытаний серий осевых насосов при различных шаговых отношениях  $H/D$  или углах поворота лопастей рабочего колеса  $\phi$  обычно представляют в форме универсальных диаграмм, связывающих коэффициенты расхода  $K_Q$  и напора  $K_H$  с КПД насоса  $\eta_p$ , а также с критическим числом кавитации  $\delta_{kp}$ , при котором начинается срыв напорных характеристик.

На основе оптимизации КПД струи водомета получены следующие соотношения для потребных  $K_H$  и  $K_Q$ :

$$K_H \text{ потр} = \frac{\pi \rho (1 + \zeta_c)}{4g} \times \frac{V_o^4 (V_{j \text{ опт}} - 1)^2 V_{j \text{ опт}} V_s}{Tn^2} \quad (1)$$

$$K_Q \text{ потр} = \sqrt{\rho (\pi/4)^3 \cdot V_o^2} \cdot \sqrt{\frac{V_s^3 (V_{j \text{ опт}} - 1)}{Tn^2}} = \frac{\pi V_o \bar{V}_s}{4nD} \quad (2)$$

где  $\rho = 102 \text{ кг} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$  и  $g = 9,81 \text{ м}/\text{сек}^2$  – массовая плотность воды и ускорение силы тяжести;  $T$  – полная тяга водомета, кгс;  $D$  – диаметр рабочего колеса, м;

$$V_o = \frac{V_s}{\sqrt{(\delta_{kp} + 1) \bar{V}_s^2 - 1 + \zeta_o(\bar{V}_s)}} \quad (3)$$

– достижимая скорость движения катера, м/сек;

$$\bar{V}_s = \frac{V_s}{V_o} = \frac{4 K_Q n D}{\pi V_o} \quad (4)$$

– относительная скорость потока в водозаборнике перед рабочим колесом;

$$\bar{V}_{j \text{ опт}} = \frac{V_{j \text{ опт}}}{V_o} = 1 + \sqrt{\frac{\zeta_o(\bar{V}_s) + \zeta_c}{1 + \zeta_o}} \quad (5)$$

– оптимальное значение относительной скорости струи на срезе, где  $\zeta_o(\bar{V}_s)$  – коэффициент гидравлических потерь в водозаборной части движителя;  $\zeta_c = 0,03$  – коэффициент потери напора внутри сопла.

Как уже упоминалось, на быстроходных глиссирующих катерах применяются водозаборники статического типа, входное отверстие которых расположено в плоскости днища (рис. 12).

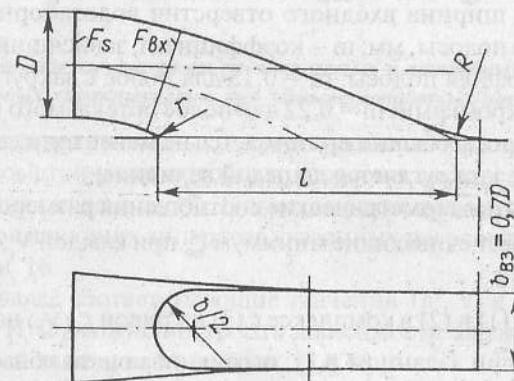


Рис. 12. Основные размеры днищевого водозаборника.

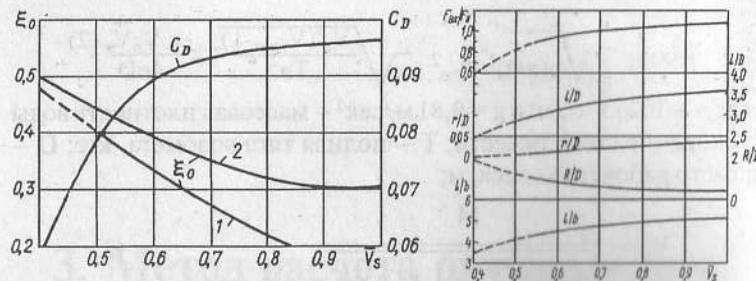


Рис. 13. Зависимости характеристик водозаборника от безразмерной скорости перед рабочим колесом.

На диаграмме (рис. 13) приведена экспериментальная кривая 1 минимальных значений  $\zeta_0$  для водозаборника указанного типа, полученная на основе натурных испытаний серии водозаборников с различными соотношениями геометрических элементов и построенная в зависимости от  $V_s$ .

Поскольку входное отверстие водозаборника обычно закрывается металлической решеткой из продольных полос, к величине  $\zeta_{0 \min}$  добавлена относительная потеря напора от установки такой решетки, т.е. суммарный  $\zeta_0$  соответствует кривой 2. В этом случае число полос в решетке рассчитывается по формуле

$$i_n = \frac{M b_{w3} - t}{(1 + m)} \quad (6)$$

где  $b_{w3}$  — ширина входного отверстия водозаборника, мм;  $t$  — толщина полосы, мм;  $m$  — коэффициент, зависящий от поперечного профиля полосы:  $m = 0,15$  для полос с закругленными по радиусу кромками;  $m = 0,22$  для полос обтекаемого профиля. Ширина полосы обычно принимается не менее пяти ее толщин. Полученное  $i_n$  округляется до целой величины.

Оптимальные геометрические соотношения размеров водозаборника, обеспечивающие минимум  $\zeta_0$  при каждой  $V_s$ , приведены на рис. 12.

Формулы (1) и (2) в комплексе с (3) и кривой  $\zeta_0(V_s)$  на рис. 13 б позволяют при заданном  $\delta_{s \text{ кр}}$ , ограничивающем область оптимальных режимов выбранного насоса, рассчитать и построить диаграмму  $Tn^2 - V_o$  в осях  $K_{H \text{ пот}} - K_{Q \text{ пот}}$ . Совмещение таких диаг-

рамм по осям  $K_H$  и  $K_Q$  с универсальными диаграммами ряда типовых насосов позволяет оперативно оценить степень их пригодности в отношении достижимой скорости и развиваемой при этом тяги.

На рис. 14 показано совмещение диаграммы  $Tn^2 - V_o$ , рассчитанной для  $\delta_{s \text{ кр}} = 3$ , с расходно-напорными характеристиками серии четырехлопастных насосов (описание насосов можно найти в 4 и 6 списка литературы).

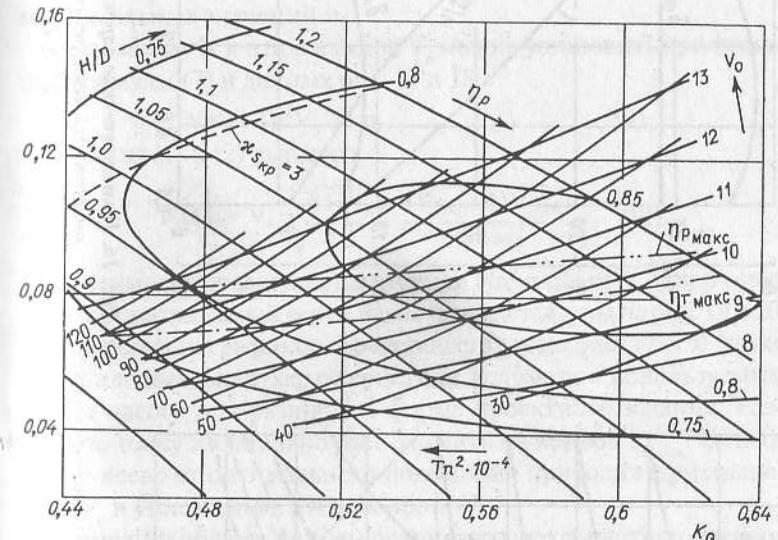


Рис. 14. Совмещение диаграмм располагаемых и потребных расходно-напорных характеристик для четырехлопастных насосов.

Для учета дополнительных энергетических потерь при использовании геометрически подобных насосов в составе водометов  $\eta_p$  последних снижен на 3%. Геометрические элементы рабочих колес и спрямляющих аппаратов указанных насосов приведены на рис. 15 и 16.

Снимая далее соответствующие значения  $Tn^2$ ,  $V_o$  и  $\eta_p$  на каждой линии  $H/D$ , можно построить зависимости параметра  $Tn^2$  и КПД полной тяги  $\eta_r$  от  $V_o$  (см рис. 17 и 18).

Вычисление  $\eta_r$  производится по формуле

$$\eta_r = T V_o / 75 N = \eta_p \eta_m / (1 + \zeta_c) V_{\text{join}}, \quad (7)$$

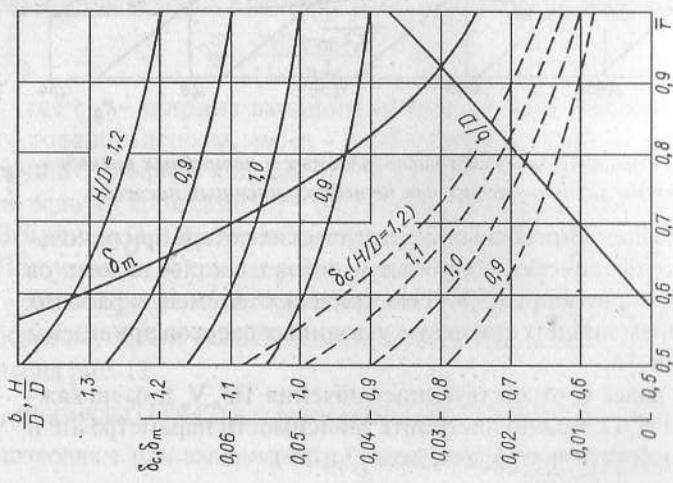


Рис. 15. Геометрические соотношения для четырехлопастных роторов ( $d_{cm} = 0,5; A_d/A_i = 1/1$ ).

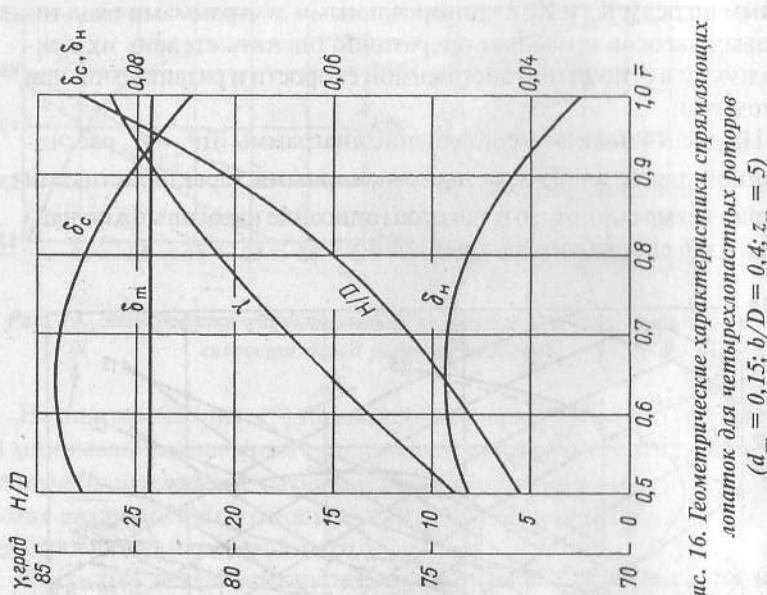


Рис. 16. Геометрические характеристики спиральных насосов (допоток для четырехлопастных роторов ( $d_{cm} = 0,15; b/D = 0,4; z_{ea} = 5$ ))

где  $\eta_m = 0,98$  – механический КПД валопровода. В дополнение на рис. 18 нанесена кривая оптимального коэффициента поджатия сопла

$$\beta_{opt} = V_s / V_{j opt} = (d_c/D)^2, \quad (8)$$

где  $d_c$  – диаметр сопла, м.

Кривые  $\eta_r$  характеризуются наличием максимумов, сдвинутых влево относительно линии максимальных КПД самого насоса. Другими словами, на рис. 14 линия оптимальных по  $\eta_r$  режимов работы насоса в составе водомета будет находиться ниже линии максимальных значений  $\eta_r$ .

Связь между  $N$  и  $n$  при каждой  $V_o$  можно установить при помощи формулы (7) и данных рис. 17 и 18.

$$Nn^2 = Tn^2 V_o / 75 \eta_r \quad (9)$$

Затем из (1) и (2) выразить

$$ND_{opt} = V_o \sqrt{\frac{(1 + \zeta_c)}{g}} \frac{(V_{j opt} - 1)V_{j opt}}{K_{H \text{ потр}}} \quad (10)$$

Зависимости проектных параметров  $Nn^2$  и  $nD$  от  $V_o$  при разных  $H/D$  рассматриваемой серии насосов представлены на рис. 19 и 20.

При помощи графиков, представленных на рис. 17 – 20 легко найти оптимальные характеристики водомета с используемым типом насоса при различной форме проектного задания. Расчетную точку желательно расположить на кривой  $z_{t \text{ max}}$ . Отклонение влево от оптимального положения приводит к уменьшению  $V_o$  и увеличению  $T$  и наоборот.

Видно, что область использования четырехлопастных насосов в оптимальном режиме ограничена диапазоном  $V_o = 8 – 13$  м/сек (или 29 – 47 км/час), т.е. они скорее применимы к сравнительно тяжелым и тихоходным катерам.

Для получения более высоких скоростей движения при той же мощности необходимо использовать более высоконапорные насосы с одновременным снижением весовой нагрузки корпуса.

На рис. 21 представлена номограмма для определения оптимальных рабочих параметров водомета с высоконапорным шестилопастным насосом, имеющим ротор с поворотными лопастями.

Геометрические характеристики этого насоса приведены на рис. 22 – 24.

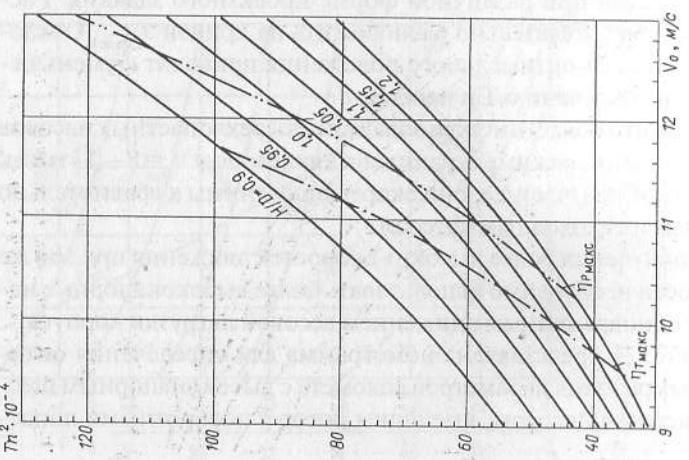


Рис. 17. Зависимость параметра  $\eta n^2$  от  $V_o$   
при различных  $H/D$  ( $z_{pk} = 4$ ).

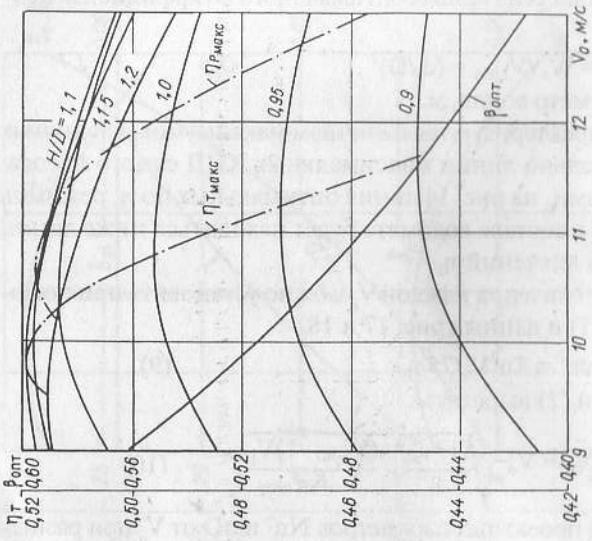


Рис. 18. Зависимость КПД полной тяги  $\eta_m$  от  $V_o$   
при различных  $H/D$  ( $z_{pk} = 4$ ).

Рис. 19. Взаимосвязь параметра  $N\eta^2 c V_o$   
при изменении  $H/D$  ( $z_{pk} = 4$ ).

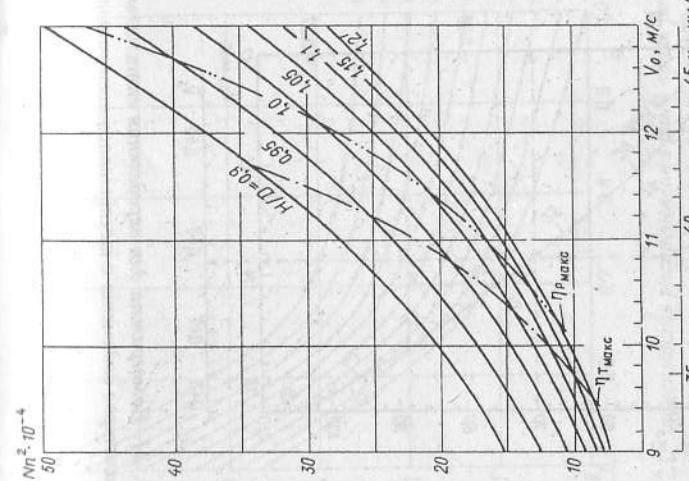


Рис. 20. Изменение параметра  $nD$  в зависимости от  $V_o$   
и  $H/D$  ( $z_{pk} = 4$ ).

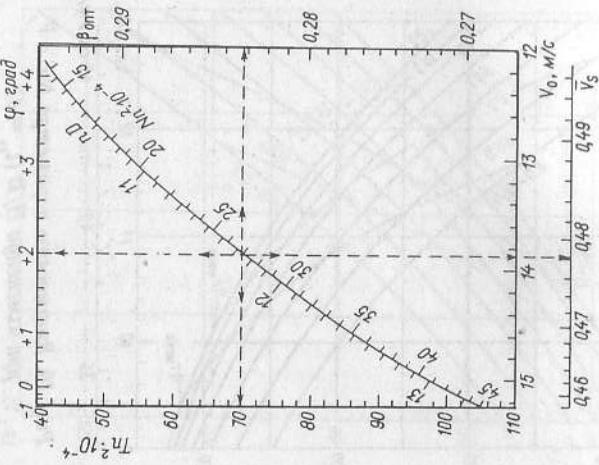


Рис. 21. Номограмма для определения оптимальных параметров волометра с шестипластичным ротором.

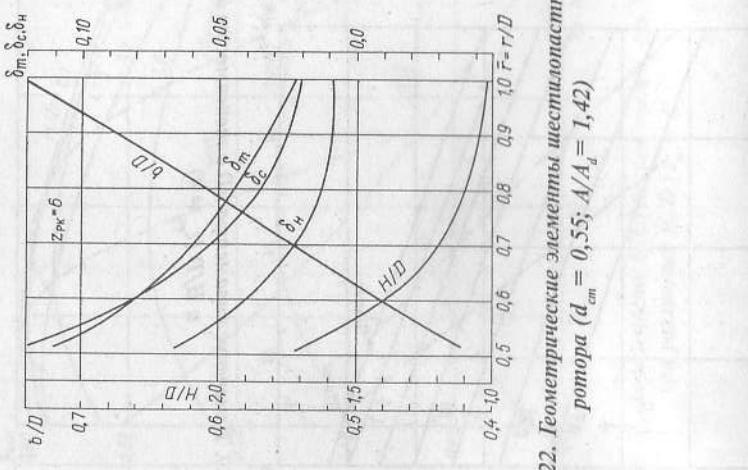


Рис. 22. Геометрические элементы шестипластичного ротора ( $d_{cm} = 0,55$ ;  $A/A_d = 1,42$ ).

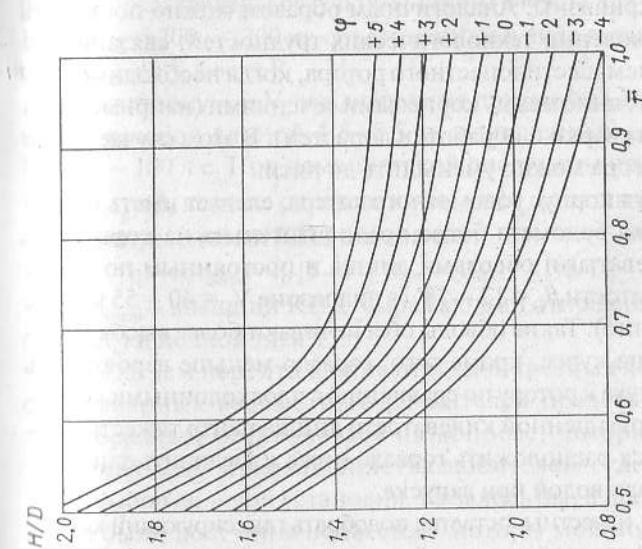


Рис. 24. Геометрические характеристики прямолинейных лопаток для шестипластичного ротора ( $Z_{ca} = 9$ ;  $d_{cm} = 0,55$ ).

Рис. 23. Зависимость распределения шага вдоль радиуса угла поворота и лопастей для шестипластичного ротора.

Номограмма соответствует режимам работы насоса по линии  $\eta_{\text{т, макс}}$ ; при этом оптимизация диаметра выполнена с учетом зависимости  $\delta_{\text{s кр}}$  от  $\phi$ . Порядок пользования номограммой показан на примере  $Nn^2 = 27 \cdot 10^4$  ( $N=75$  л.с.;  $n = 3600$  об/мин, использован двигатель от автомобиля «ГАЗ-24»). Проведя вертикаль и горизонталь через заданное значение  $Nn^2$ , получим  $nD = 11,75$ ;  $Tn^2 = 70 \cdot 10^4$ ;  $\phi = +2^\circ$ ;  $V_o = 13,88$  м/сек;  $\beta_{\text{опт}} = 0,2833$ ;  $V_s = 0,4782$ . Дополнительно вычисляется  $D_{\text{опт}} = 0,196$  м;  $T = 194,4$  кгс; и через  $D$  приведем к размерному виду геометрические элементы ротора и спрямляющего аппарата, пользуясь рис. 23-25.

При использовании вместо поворотных лопастей лопастей с фиксированным шагом ротор может оказаться гидродинамически «тяжелым». Это объясняется устранением зазора между корнем лопасти и ступицей. Доводку ротора в этом случае можно осуществить путем подрезки входной и выходной кромок лопастей с последующей их профилировкой.

Важно отметить, что при использовании лопаточного поджатия струи желательно иметь четное число спрямляющих лопаток (восемь вместо девяти — рис. 24). Такой переход возможен при сохранении суммарной ширины хорд лопаток  $zb$  и их относительной кривизны. Аналогичным образом можно поступить при возникновении технологических трудностей, связанных с изготовлением шестилопастного ротора, когда необходимо увеличить расстояние между корневыми сечениями (например, для выполнения сварки и обработки лопастей). В этом случае число лопастей ротора можно уменьшить до пяти.

Проектируя корпус водометного катера, следует иметь в виду, что установка водомета более предпочтительна на корпусах с плоско-килеватыми обводами днища и постоянным по длине углом килеватости  $\beta_k = 12 - 18^\circ$  (в диапазоне  $V_o = 40 - 55$  км/час соответственно). Такие обводы обеспечивают более высокую устойчивость на курсе, кроме того, гораздо меньше вероятность прососа воздуха к ротору по сравнению с плоскодонными корпусами. При повышенной килеватости днища центр тяжести двигателя удается расположить гораздо ниже и улучшить заполнение движителя водой при запуске.

Если  $T$  и  $V_o$  известны, остается подобрать глиссирующий корпус с допустимой весовой нагрузкой  $\Delta$ , продольной центровкой  $x_g$ , углом килеватости  $\beta_k$  и оптимальной шириной глиссирования  $b_{\text{опт}}$ .

Сопротивление голого корпуса  $R_{\text{тк}}$  с водометом при глиссировании можно выразить в виде произведения

$$R_{\text{тк}} = (T - R_a - R_{\text{ВЗ}})(1 - \psi), \text{ кгс}, \quad (11)$$

в котором

$$R_a \sim 0,035 S_{\text{лоб}} V_o^2, \text{ кгс} \quad (12)$$

— аэродинамическое сопротивление корпуса ( $S_{\text{лоб}}$  — наибольшая площадь лобового сечения,  $\text{м}^2$ ), кгс;

$$R_{\text{ВЗ}} = \frac{\pi \rho \cdot C_D (V_o D)^2}{8}, \text{ кгс} \quad (13)$$

Внешнее гидродинамическое сопротивление водозаборника ( $C_D$  определяется по рис. 13 после установления  $V_s$ ), кгс;  $\psi = 0,02$  — коэффициент взаимодействия глиссирующей поверхности с водометом, учитывающий увеличение  $R_{\text{тк}}$  из-за появления дополнительного ходового дифферента, вызванного подсасывающей на днище в районе водозаборного отверстия.

Чтобы установить взаимосвязь между  $R_{\text{тк}}$ ,  $V_o$ ,  $\Delta$ ,  $\beta_k$ ,  $x_g$  и  $b_{\text{опт}}$ , можно воспользоваться известными методиками расчета оптимальных характеристик глиссирования. В качестве примера на рис. 25 представлены результаты такого расчета для  $\beta_k = 15^\circ$ ;  $x_g = 1,8$  м и  $\Delta = 700 - 1300$  кг, объединенные в виде корпусной диаграммы  $\Delta - b_{\text{опт}}$  в осях  $R_{\text{тк}} - V_o$ .

По диапазону  $\Delta$  и  $V_o$  эта диаграмма применима для глиссирующих катеров длиной 4,5–5,5 м, оснащенных двигателями  $N = 50 - 100$  л.с. При помощи такой диаграммы при известных  $R_{\text{тк}}$ ,  $V_o$ ,  $x_g$  и  $\beta_k$  вначале определяются  $\Delta$  и  $b_{\text{опт}}$ , а затем рассчитывается пропульсивный КПД движителя:

$$\eta = \eta_{\text{т}} \eta_{\text{внеш}} = \eta_{\text{т}} \{1 - \psi - [R_{\text{ВЗ}} - (R_{\text{ВЗ}} + R_a)\psi/T]\}, \quad (14)$$

где  $\eta_{\text{внеш}}$  — внешний КПД, выражающий отношение полезной ( $R_{\text{тк}} + R_a$ ) и полной тяги  $T$ .

Прежде чем перейти к описанию конкретных конструкций стационарных водометных движителей представляется целесообразным остановиться на вопросе, который является кардинальным для большинства любителей-судостроителей — это выбор силовой установки. Казалось бы, в прошлые годы, когда были доступны подвесные моторы мощностью не более 30 л.с., проблема решалась несколько проще.

Действительно, при наличии крупного водоизмещающего катера решение принималось, как правило, в пользу стационарного варианта. Однако и в настоящее время, несмотря на появление импортных подвесников практически любой мощности на сущность проблемы для подавляющего большинства любителей осталась прежней. Дело в том, что цена мотора с водометной приставкой, пригодного для установки на достаточно большой катер (водоизмещением 1000 - 1500 кг), в несколько раз превосходит затраты на установку стационарного двигателя. Различия становятся более ощутимыми при конвертировании «бэушных» автомобильных двигателей или использовании отечественных подвесных моторов.

Здесь не имеет смысла перечислять хорошо известные каждому водномоторнику преимущества и недостатки подвесных моторов по сравнению со стационарными двигателями. Более актуальным представляется анализ возможных результатов, которые можно получить при оборудовании стационарным водометом катера с конкретными характеристиками.

Прежде всего, необходимо как можно точнее спрогнозировать влияние веса двигателя и его расположения на скорость катера и экономичность силовой установки. На первый взгляд может показаться, что увеличение веса судна в результате установки тяжелого стационарного двигателя несущественно по сравнению с возросшей мощностью. Такое представление является ошибочным. Например, катер длиной 5 м при ширине 1,8 м и общей массе 1000 кг под двумя «Нептунами-23» развивает скорость 36 км/час. При установке стационарного двигателя с длительной мощностью 60 л.с. его вес возрастает на 250 кг, т.е. на 25%, а мощность всего в 1,5 раза. Ощутимого прироста скорости и экономичности не происходит потому, что, кроме увеличения общей массы судна, уменьшается и гидродинамическое качество в основном за счет изменения центровки, особенно если стационарный двигатель установлен у транца.

Здесь, вероятно, следует напомнить значения основных величин и безразмерных коэффициентов, используемых при расчетах в гидродинамике катеров. Так, гидродинамическим качеством называется величина, обратная коэффициенту глиссирования ( $\varepsilon$ ). Этот коэффициент, в свою очередь, определяется следующим соотношением:

$$\varepsilon = R/D,$$

где  $R$  – сила сопротивления, направленная против хода катера, а  $D$  – вес катера или его водоизмещение. Таким образом  $K = 1/\varepsilon$ .  $C_B$  – коэффициент динамической нагрузки или удельная нагрузка при глиссировании определяется из соотношения

$$C_B = \frac{2D}{\rho V^2 B^2},$$

где  $c = 102 \text{ кг сек}^2/\text{м}^4$  – массовая плотность воды,  $V$  – скорость судна м/сек,  $B$  – ширина глиссирующей поверхности днища, м.,  $D$  – водоизмещение, т.

Из других показателей здесь упоминаются следующие:  $\beta$  – угол килеватости днища,  $\psi$  – угол ходового дифферента и  $m_A = X_g/B$  – относительная центровка катера, где  $X_g$  – расстояние от центра тяжести до транца, м.

В нашем примере уменьшение гидродинамического качества столь существенно, что переоборудованный катер, несмотря на увеличенную мощность двигателя, не выходит на глиссирование. Теоретически это подтверждает несложный расчет с использованием экспериментальных данных (рис. 26-28).

Известно, что величину гидродинамического качества можно также получить в зависимости от  $m$  – величины, характеризующей центровку, и  $C_B$  – коэффициента удельной нагрузки.

Для нашего примера в случае использования подвесного мотора гидродинамическое качество корпуса составит 7–7,2 при угле килеватости  $\beta = 12^\circ$ ,  $m = 1,2-1,4$  и  $B_{ck} = 1,6$  м. При этом сопротивление корпуса составит около 140 кг, а мощность, необходимая для движения со скоростью 36 км/час – менее 50 л.с.

Тот же корпус, но с установленным стационарным двигателем, будет иметь качество, равное 6,5 при  $C_B = 0,095$  и  $m = 0,8-1,0$ . Уменьшение  $m$  произошло из-за смещения центра тяжести в корму в результате установки у транца более тяжелого двигателя. В этом случае сопротивление корпуса достигнет 192-200 кг. При пропульсивном КПД установки 0,5 потребная мощность составит 53 л.с. Можно предположить, что катер будет двигаться с той же скоростью. Однако, если определить сопротивление корпуса в момент выхода на глиссирование, т.е. при скорости 22 км/час, то  $C_B$  увеличится до 0,25, что при  $m = 1$  дает величину гидродинамического качества, не превышающую 3,5-4. При значении качества, равном 4, сопротив-

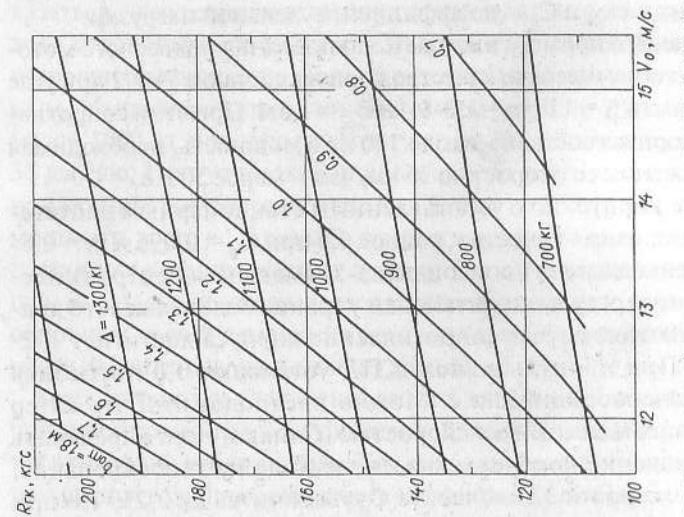


Рис. 25. Расчетная диаграмма оптимальных характеристик для корабля с плоско-клиноватым днищем глиссирования ( $\beta_k = 15^\circ$ ;  $x_g = 1,8 \text{ м}$ ).  
( $\beta_k = 15^\circ$ ;  $x_g = 1,8 \text{ м}$ ).

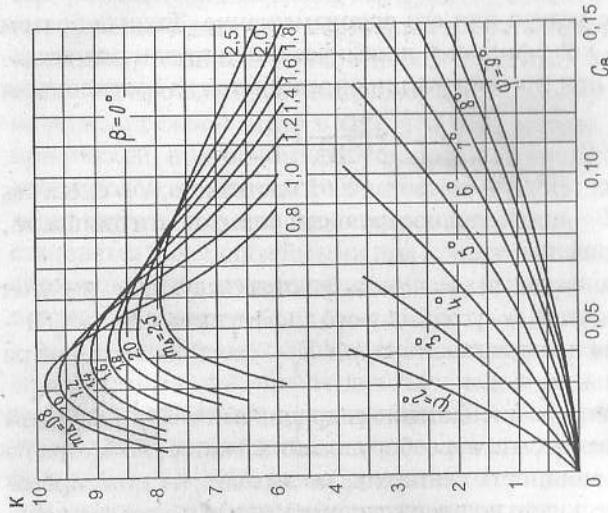


Рис. 26. Зависимость гидродинамического качества ( $K$ ) от удельной нагрузки и центровки и график для определения ходового дифферента (угла атаки) для глиссирующей пластины ( $\beta = 0^\circ$ ).

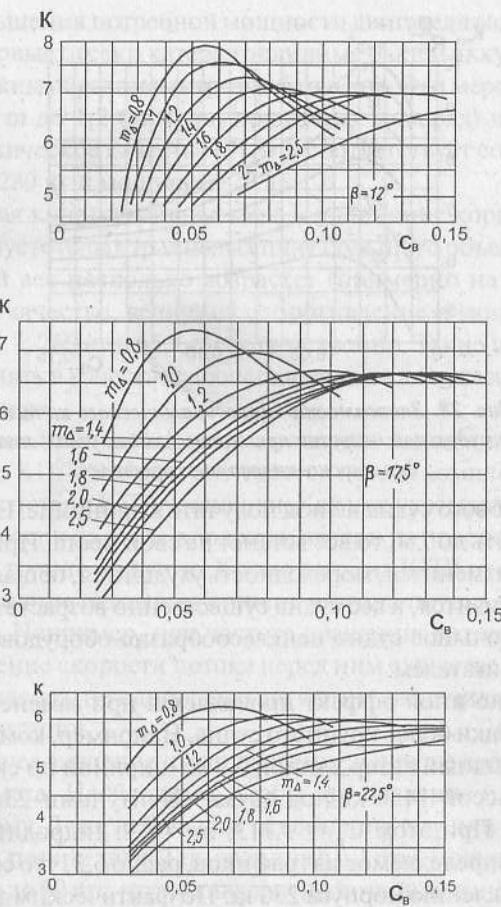


Рис. 27. Зависимость гидродинамического качества от удельной нагрузки и центровки. ( $\beta = 12^\circ$ )  
1 -  $\beta = 12^\circ$ ; 2 -  $\beta = 17^\circ 30'$ ; 3 -  $\beta = 22^\circ 30'$

ление корпуса превысит 320 кг. Таким образом, катер на глиссировании не выйдет.

Для того, чтобы добиться этой цели, следует принять  $m = 2.5$ . В этом случае качество возрастает до 5, а сопротивление снижается до 250 кг. В этих условиях катер может легко выйти на глиссирование. Однако такое значение величины  $m$  соответствует смещению центра тяжести в нос на расстояние до 4 м от кормы, что

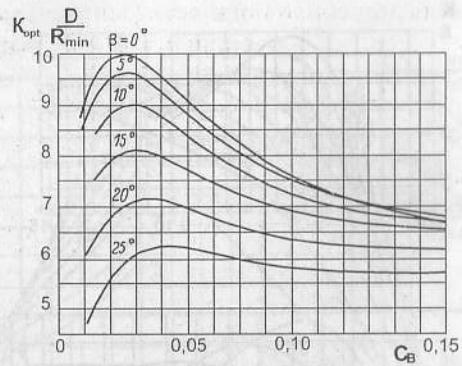


Рис. 28. Зависимость гидродинамического качества от удельной нагрузки при оптимальных углах атаки для плоско-килеватых профилей.

для 5-метрового судна нельзя получить в принципе. Если же корпус удлинить до 7 м, то все встанет на свои места. При этом форма днища изменится, мореходность ухудшится, общая прочность корпуса снизится, а вес судна существенно возрастет. Таким образом, небольшое судно нецелесообразно оборудовать стационарным двигателем.

Несколько иной эффект проявляется при замене двигательной установки более крупного судна. Например, комфортабельный мореходный катер длиной 5,8 м, шириной по склону 2,2 м, с полной массой 1450 кг под двумя «Нептунами-23» развивает 26 км/час. При этом  $C_B = 0,113$ ,  $m = 1,2$ . Гидродинамическое качество, определяемое из графиков, равно 6,3, что соответствует сопротивлению корпуса 230 кг. По фактическим замерам сопротивление составляет 220 кг, что соответствует качеству 6,6.

Если, например, два подвесных мотора заменить двигателем «ГАЗ-21» или «ГАЗ-24», у которых длительная мощность 60 л.с., но при несколько меньшем пропульсивном КПД, то масса судна увеличивается на 250 кг за счет реверс-редуктора, аккумулятора и другого оборудования.  $C_B$  становится равным 0,112, центровка смещается в корму и становится близкой к 1, гидродинамическое качество уменьшается с 6,5 до 5,7, а сопротивление возрастает с 220 до 300 кг. При пропульсивном КПД 40% потребная мощность составит 75 л.с., что неприемлемо из-за резкого снижения моторесурса двигателя.

Для уменьшения потребной мощности двигателя можно перенести в носовые отсеки катера топливные баки и аккумулятор и сместить таким образом центр тяжести в нос. Эти меры позволяют довести  $m$  до 1,2 (как при подвесных моторах) и получить гидродинамическое качество 6,1, что соответствует сопротивлению около 280 кг и мощности 70 л.с.

Следующая конструктивная мера – удлинение корпуса путем установки пустотелых транцевых плит большого объема. За счет плит общий вес несколько возрастет (примерно на 40-45 кг). Центровка, качество, величина сопротивления и мощность составят 1,6; 6,7; 260 кг и 65 л.с. соответственно. Такие показатели можно принять в качестве рабочего варианта для указанных размерений катера.

Следующим важным моментом является максимизация пропульсивного КПД. Эта цель достигается целым комплексом мер, снижающих потери КПД установки. Как уже указывалось, к ним относятся потери на входе в водовод, потери на повороты потока и потери на трение по длине. Кроме того, на КПД насоса существенное влияние оказывает степень разгона потока перед диском ротора. Например, при частоте вращения ротора 2800 об/мин увеличение скорости потока перед ним существенно повышает КПД насоса, но одновременно с этим увеличивается вероятность кавитации.

Еще большее значение имеет давление в потоке воды на срезе сопла водомета. Необходимо, чтобы это давление было равно атмосферному. Даже небольшое отклонение в ту или иную сторону ведет к потери тяги. Так, разница в 0,1 атм. может вызывать потерю тяги до 60 кгс, что эквивалентно потерии мощности около 12-14 л.с.

свойством, позволяющим извлекать из воды и выбрасывать в нее различные предметы и массу жидкого груза, а также способностью транспортировать свою машину и даже генераторы и выхлопные трубы. В результате этого движение течет вперед, а движение воды вперед останавливается.

#### 4. Конструктивные особенности водометов зарубежного производства

Работы по проектированию, изготовлению и испытаниям водометных двигателей ведутся в различных странах. Наиболее значительные результаты в освоении серийного производства водометов различного типа с широким варьированием расчетных параметров достигнуты шведской фирмой «KaMeBa», итальянскими фирмами «Кастольди» и «Рива Кальциони», а также новозеландской компанией «Гамильтон» американской «Беркли».

На фирме «KaMeBa» в 1980 г. было освоено производство серии водометов, получившей обозначение «JPS» (рис. 29).

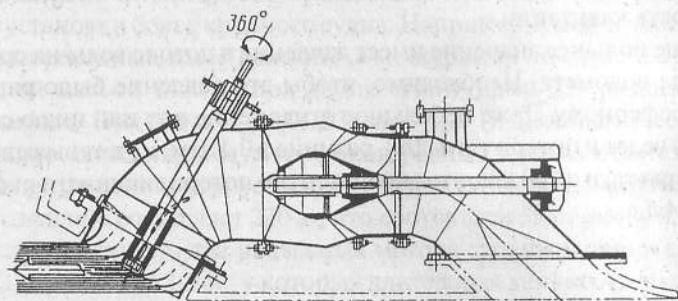


Рис. 29. Схема водометного двигателя JPS фирмы «KaMeBa».

Их отличает конструктивная простота, хорошие экономические показатели; они обеспечивают работу двигателей без перегрузки на различных режимах эксплуатации. Двигатель отличается высокой надежностью — гарантируется безаварийная эксплуатация его в течение 18000 часов. В движителях серии «JPS»

используется насос диагонального типа, обеспечивающий большой расход жидкости при умеренном напоре. Усилие для поворота катера создается за счет отклонения реактивной струи на борт на угол  $\pm 30^\circ$  путем разворота поворотного сопла (рис. 30).

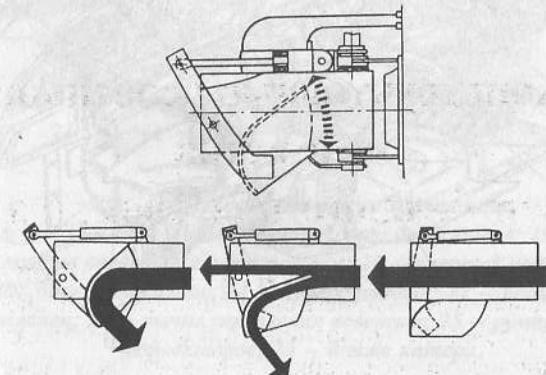


Рис. 30. Конструктивная схема и принцип действия PPV водомета фирмы «KaMeBa».

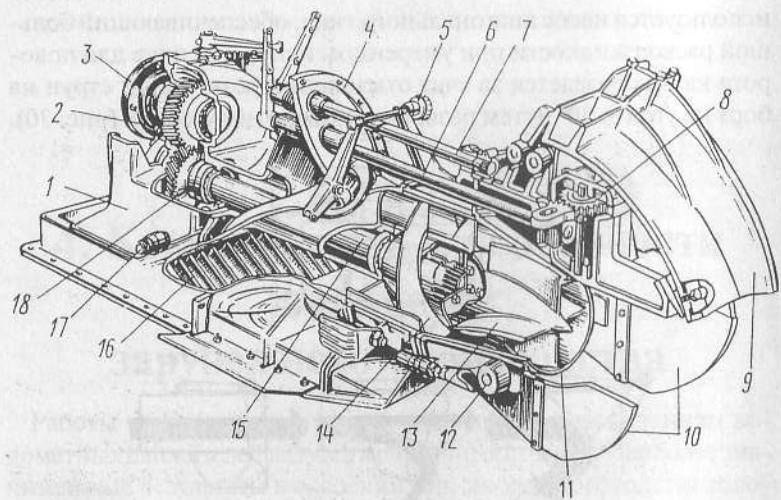
Реверс струи достигается путем поворота специальной камеры («черпака») под сопло, струя постепенно направляется снизу в канал и в результате возникает реверсивный упор. При установке «черпака» в среднее положение упор может непрерывно и плавно изменяться от нуля до максимума на переднем и заднем ходу.

Водометы фирмы «Кастольди» предназначены для установки на быстроходных катерах и моторных яхтах длиной от 4 до 28 м и водоизмещением от 900 до 16000 кг. Серия движителей включает несколько моделей типа «Jet» и «Turbodrive», рассчитанных на мощность от 50 до 1200 л. с.

В типичной конструкции водометов «Кастольди» можно заметить ряд особенностей, отличающих их от водометов других фирм и, в частности, от моделей известной фирмы «Гамильтон» (см. ниже). Прежде всего, традиционный итальянский водомет — это одноступенчатый осевой насос с трехлопастным ротором, спрямляющим аппаратом и конфузорным поджатием струи (рис. 31).

Продольный разрез движителя показан на рис. 32.

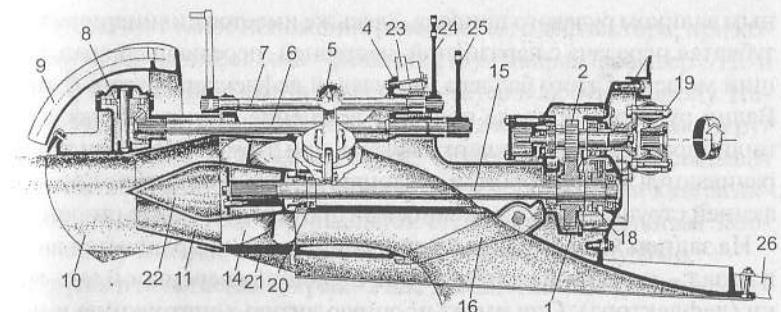
Скорость истечения струи на выходе из сопла примерно вдвое превышает скорость катера. Выше было показано, что от этой величины, так же как и от расхода воды, зависят упор и КПД водомета.



*Рис. 31. Общее устройство водометного движителя «Кастольди».*  
 1 — корпус редуктора, отлит заодно с корпусом движителя; 2 — шестерни редуктора; 3 — входной вал (соединяется с двигателем); 4 — фланец крепления к транцу; 5 — задрайка смотрового лючка; 6 — валик привода реверсивного дефлектора; 7 — валик приводов рулевых дефлекторов; 8 — шестеренчатая передача поворота рулевых дефлекторов; 9 — реверсивный дефлектор (заслонка заднего хода); 10 — рулевые дефлекторы; 11 — сопло; 12 — анодный протектор; 13 — спрямляющий аппарат (4 лопатки); 14 — трехлопастной ротор; 15 — гребной вал; 16 — управляемая защитная решетка водозаборника; 17 — валик решетки; 18 — кулачковая разобщающая муфта холостого хода.

На входе воды в корпус — водовод движителя — расположена вращающаяся относительно горизонтальной оси защитная решетка. Когда водозаборник забивается мусором на пульт управления катером подается сигнал от датчика давления. Воспользовавшись специальным дистанционным приводом, водитель поворачивает решетку вниз, при этом водоросли и плавающий мусор сбрасываются в воду. В случае необходимости осмотра и очистки ротора используется закрывающийся смотровой лючок.

Гребной вал движителя заключен в дейдвудную трубу, снабженную на кормовом конце надежным сальниковым уплотнением. Опоры вала — подшипники качения, а радиально-упорный



*Рис. 32. Продольный разрез движителя.*  
 Позиции 1 — 18 см. рис. общего устройства движителя; 19 — эластичная муфта соединения с двигателем; 20 — опорный подшипник — дейдвудное уплотнение; 21 — корпус ротора; 22 — обтекатель; 23 — транец; 24 — рычаг управления реверсом; 25 — румпель рулевых дефлекторов; 26 — днище катера.

подшипник встроен в крышку корпуса редуктора у носового конца гребного вала.

Отличительной особенностью водометов «Кастольди» является шестеренчатый одноступенчатый редуктор и разобщающая муфта, позволяющая осуществлять прогрев двигателя на холостом ходу с отключенным ротором. В практике других фирм используется гидродинамическая разгрузка движителя путем подачи атмосферного воздуха через специальный клапан на водозаборнике к лопастям ротора. Ясно, что при отключении ротора двигатель работает в более спокойном режиме, без излишней вибрации и брызг, вырывающихся из сопла.

Редуктор каждого движителя снабжается сменными шестернями, что позволяет выбрать передаточное отношение и частоту вращения ротора оптимальными при установке водомета на конкретном катере с определенным двигателем. Корпус редуктора отлит совместно с движителем, шестерни и подшипники работают в масляной ванне.

Управление катером по курсу, как и на водометах других фирм, осуществляется посредством отклонения реактивной струи в нужную сторону. На выходе струи из сопла установлены два боковых руля — рулевые дефлекторы, которые могут поворачиваться на оба борта на угол 45°. На баллере одного из дефлекторов сверху установлена коническая шестерня, входящая в зацепление с горизонталь-

ным валиком рулевого привода. Здесь же имеется цилиндрическая зубчатая передача с паразитной шестерней, передающей врашающий момент с этого баллера на рулевой дефлектор другого борта. Валик рулевого привода получает вращение от гидравлического цилиндра, воздействующего на рычаг, при этом дефлекторы поворачиваются в одну сторону и отклоняют струю. Соответственно реакцией струи корму катера заносит в противоположную сторону.

На заднем ходу струя, выходящая из сопла, направляется вниз и назад — под днище катера — при помощи реверсивной заслонки (дефлектора). Она имеет прочную литую конструкцию и перекрывает выход струи в корму, скользя по кормовым радиусным кромкам рулевых дефлекторов. При повороте руля часть потока из сопла прорывается в зазор, образующийся между рулевым и реверсивным дефлектором; реактивным действием корму заносит в противоположную сторону. Таким образом, катер сохраняет управляемость и на заднем ходу (рис. 33).

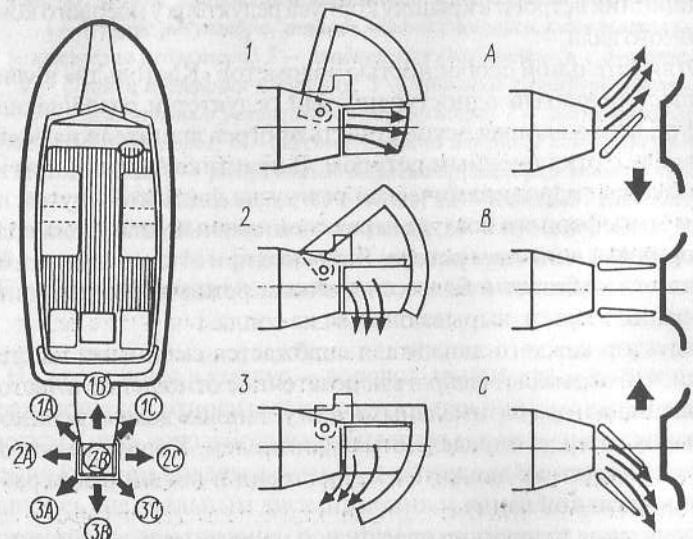


Рис. 33. Схема работы реверсивно-рулевого устройства.

Работа реверсивного дефлектора: 1 — передний ход;

2 — нейтраль (без хода); 3 — задний ход.

Работа рулевых дефлекторов: А — поворот направо (корма идет влево); В — прямо; С — поворот налево (корма идет направо).

Существует такое положение реверсивного дефлектора, при котором катер не имеет хода — реакция струи направлена вверх. Но и в этом положении можно развернуть катер в любую сторону. Например, положив руль на борт, заставить катер вращаться вокруг вертикальной оси на одном месте. Попеременно перекладывая руль на один и другой борт, можно добиться движения катера лагом и «втиснуть» его к причальной стенке с минимальным зазором в носу и корме между отшвартованными здесь судами.

Другая итальянская фирма «Рива Кальцони» специализируется на выпуске водометов, рассчитанных на передачу мощности от 200 до 20000 кВт. Наиболее известны две модели водометов этой фирмы: одна из них «JRC» имеет обычное реверсивно-рулевое устройство традиционной конструкции. Другая модель «JDRC» оборудована специальным устройством, позволяющим изменять направление вектора силы тяги на 360°. Это устройство представляет собой специальную поворотную решетку на выходе струи из сопла, которая приводится в движение гидравлическим приводом или электродвигателем. Решетка обеспечивает изменение силы тяги от полной величины на переднем ходу до 80% по нормали к ДП и около 50% на режиме заднего хода.

Подробнее следует остановиться на водометах фирмы «Гамильтон», поскольку в их конструкции были использованы решения, легшие впоследствии в основу «классических» схем этих движителей.

Характерные черты водометов «Гамильтон» хорошо видны на продольном разрезе модели «1031» (рис. 34).

Этот одноступенчатый двигатель с осевым насосом предназначен для установки на глиссирующих и водоизмещающих катерах с приводом от дизельного или карбюраторного двигателя мощностью 150–250 л.с. Оптимальные результаты могут быть достигнуты на глиссирующем катере, если его длина находится в пределах 6–9 метров, а водоизмещение не превышает 4 т. Гарантируется выход на глиссирование и движение со скоростью свыше 35 км/час острокутого корпуса с любым углом килеватости днища, если на каждую тонну водоизмещения судна приходится не менее 60 л.с. мощности двигателя. При установке на водоизмещающем катере приемлемый КПД движителя обеспечивается при длине судна 6–12 м и водоизмещении до 8 т.

Наивысший КПД достигается (как и во всех остальных случаях) при полном согласовании элементов движителя с внешней характеристикой двигателя, сопротивлением воды движению

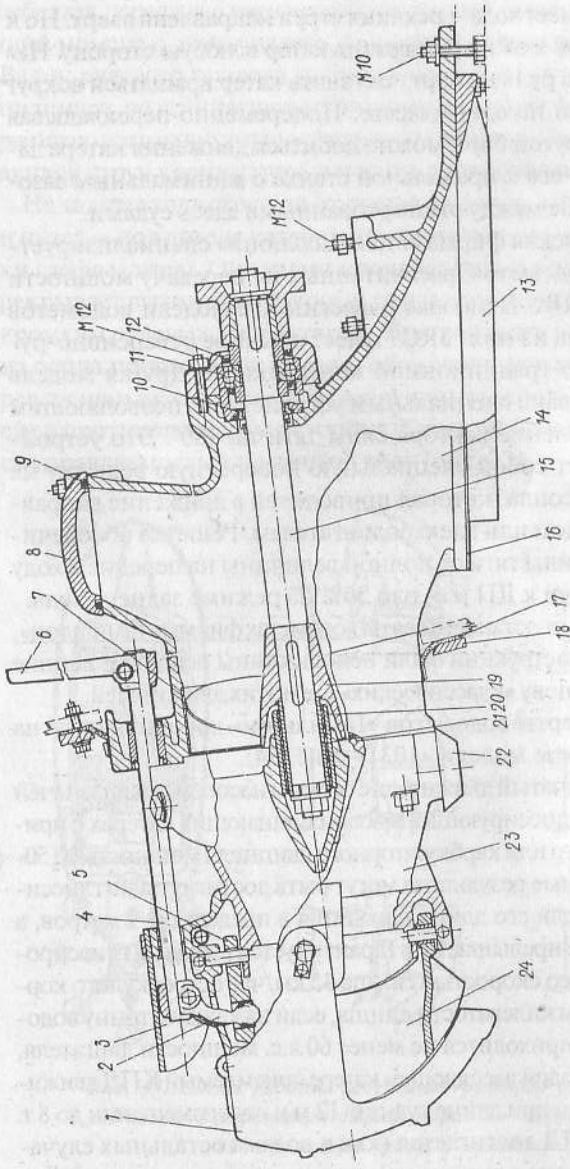


Рис. 34. Продольный разрез движителя модели «1031»  
 1 – реверсальная заслонка; 2 – рычаг поворота рулей 24; 3 – брызгозащитный кожух; 4 – вал привода рулей;  
 5 – траперза; 6 – румпель; 7 – кольцо-изолятор; 8 – смотровой лючок; 9 – уплотнение крышки; 10 – изолятор;  
 11 – упорный подшипник; 12 – резинометаллический сальник; 13 – решетка; 14 – корпус водозаборника; 15 – гребной  
 винт; 16 – фланец; 17 – резиновая манжета; 18 – прокладка; 19 – ротор; 20 – корпус сопла; 21 – магнитный протектор; 22 – резинометаллический подшипник (гудрич); 23 – корпус сопла; 24 – руль поворота.

данного судна и его скоростью. При установке водометов Гамильтон приемлемое согласование достигается в довольно широком диапазоне значений этих величин благодаря тому, что может быть установлен любой из четырех сменных роторов, имеющих одинаковый диаметр 270 мм, но различный шаг и различное число лопастей (четыре, пять или шесть), которое выбирается в зависимости от значения удельной нагрузки на лопасти. Винтовые характеристики приведены на рис. 35.

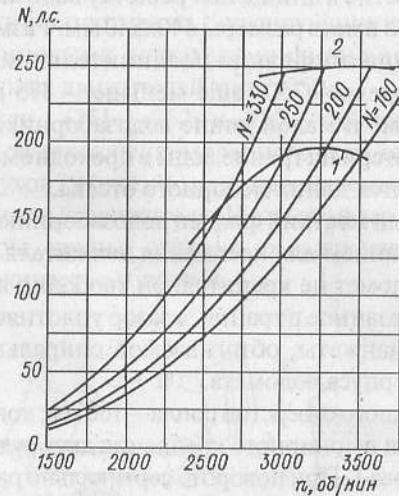


Рис. 35. Винтовая характеристика водометной установки модели «1031»  
 с роторами, оптимальными для мощности 160, 200, 250 и 330 л.с.  
 1 – рекомендуемая максимальная мощность двигателя  
 для глиссирующего катера; 2 – внешняя характеристика двигателя  
 для катера водоизмещающего типа.

Роторы, как и другие вращающиеся части установки, изготавливаются из нержавеющей стали, а корпус, водозаборник и прочие литые детали – из алюминиевого сплава LM6. В принципе, даже при высокой коррозионной стойкости применяемых сплавов при эксплуатации в морской воде возможно возникновение электролитической коррозии, разрушающей алюминиевый сплав. Поэтому в конструкции описываемого движителя предусмотрены надежная изоляция разнородных материалов и применение протекторной защиты. В частности, ротор изолируется от корпуса кольцом 7 (Рис.34 – продольный разрез), выполнен-

ным из диэлектрика; изоляторы предусмотрены и в конструкции упорного подшипника. Опорный подшипник в ступице спрятывающегося аппарата, смазываемый забортной водой, сделан резинометаллическим.

Нормальный радиальный зазор между концом лопасти ротора и поверхностью кольца 7 составляет 1,25 мм.

Для водометов Гамильтона характерны укороченные водозаборники с прямоугольным или почти квадратным входным отверстием. Отверстие в днище под решетку водозаборника модели «1031» должно иметь размеры 440x540 мм. Размер по оси движителя от транца до фланца соединительной муфты всего 500 мм, а на моделях «750» еще меньше — 375 мм. Благодаря выбранной форме и малой длине водозаборника существенно сокращаются потери на трение воды в проходном тракте движителя и уменьшается длина моторного отсека.

Прямоугольный жесткий фланец водозаборника служит одновременно основанием для крепления движителя к днищу катера. К транцу водомет не крепится: он свободно проходит через отверстие, прорезанное в транце, а зазор уплотняется при помощи резиновой манжеты, обтягиваемой спиральной пружиной по периметру корпуса водомета.

Диаметр выходного отверстия сопла — 160 мм; конец сопла снабжен насадкой для шарнирного крепления двух рулей поворота 24 и заслонки реверса 1. При повороте вертикально расположенного румпеля 6 вращается валик 4, под действием рычага 2 и траверсы 5 оба руля отклоняются в одну сторону. При этом направление струи может изменяться в пределах 30° на оба борта.

Предметом тщательного проектирования была реверсивная заслонка, выполненная в виде двойной сферической поверхности. При реверсировании значительные массы воды направляются практически вдоль оси движителя, а не вниз, под транец катера, как в ряде других конструкций. Благодаря этому обеспечивается эффективный задний ход. При повороте на заднем ходу гребень на границе двух сферических чаш заслонки направляет основную массу струи в нужную сторону. Заслонка хорошо гидродинамически уравновешена и управляет обычным ручным приводом типа «тяни-толкай» со стальной проволокой в металлической оплётке, применяемой и для дистанционного управления подвесными моторами. Шток 3 отражает брызги, вырывающиеся вверх из-под реверсивно-рулевого комплекса.

Водовод 14 снабжен смотровым лючком с герметичной крышкой 9, которая расположена выше ватерлинии катера на стоянке. Уплотнение гребного вала выполнено с применением резинометаллических сальников 12, расположенных в корпусе упорного подшипника 11.

Общий вес водомета «1031» составляет 115 кг. Этот надежный движитель получил наибольшее распространение для установки на тяжелых служебных катерах, эксплуатируемых в суровых условиях мелководья и засоренных рек.

Для более легких спортивных глиссирующих катеров с быстродвижущимися бензиновыми двигателями фирма выпускает серию унифицированных движителей типа «750».

Все три модели — «751», «752» и «753» — собираются из одинаковых деталей, за исключением гребного вала, стяжных болтов и защитных кожухов 29 (рис. 36), устанавливаемых над выступающей за транец частью движителя. И для этой серии выпускаются сменные роторы, причем отличие их заключается не только в шаге, но и в количестве лопастей.

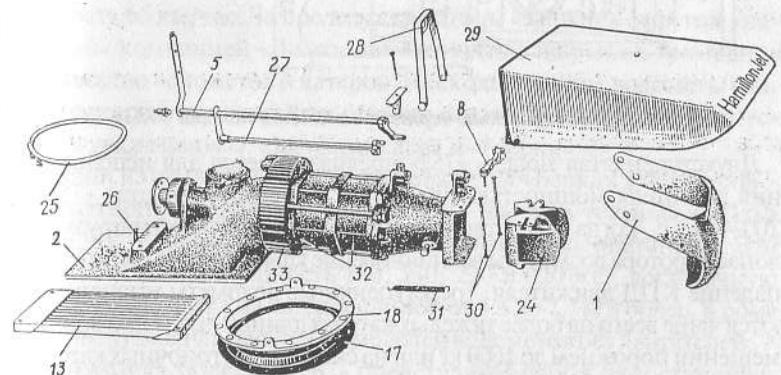


Рис. 36. Двигатель модели «753» с установочными деталями.  
Обозначения 1-24 — см. продольный разрез модели «1031»; 25 — пластиковая трубка для подвода воздуха к водозаборнику; 26 — штуцер трубы 25; 27 — штанга реверса; 28 — кронштейн штанги реверса — упор реверсивной заслонки 1; 29 — защитный кожух для наружной части движителя; 30 — оси рулей поворота; 31 — возвратная пружина реверсивной заслонки; 32 — корпус-проставка второй и третьей ступени; 33 — цилиндрическая часть корпуса водозаборника, уплотняемая манжетой 17.

Одноступенчатая модель «751» (рис. 37) рассчитана на работу с двигателем мощностью 50–150 л.с. при числе оборотов до 5000 об/мин. Вес движителя всего 45 кг. Он рекомендуется для установки на катерах водоизмещением до 800 кг при длине 3,7–6 м.

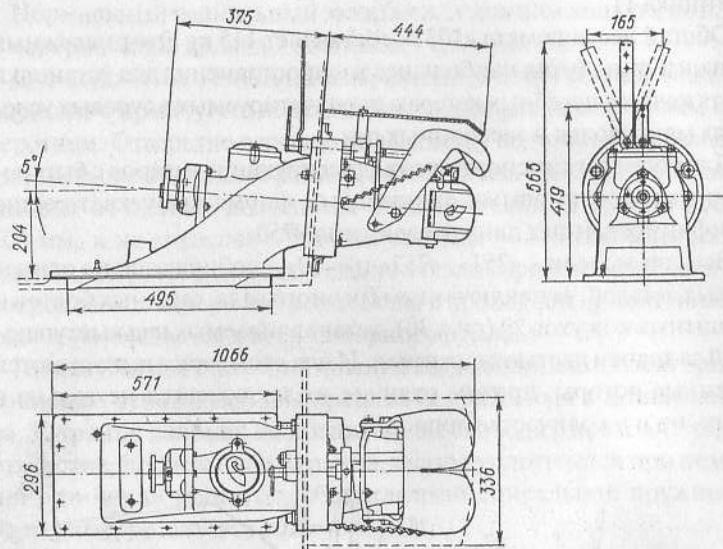


Рис. 37. Габаритный чертеж водомета модели «751»

Двухступенчатая модель «752» предназначается для использования двигателя мощностью 100–250 л.с., а трехступенчатая «753» – 200–400 л.с., когда вследствие увеличившейся удельной нагрузки на лопасти ротора возможны возникновение кавитации и в связи с этим падение КПД движителя. Трехступенчатые водометы устанавливаются чаще всего на более тяжелых катерах длиной до 8 м при водоизмещении порожнем до 1600 кг или на скоростных гоночных катерах.

Кроме сменных роторов с различным значением шага фирма выпускает для водомета этой серии шесть вариантов сменных насадок, позволяющих в широких пределах изменять площадь выходного сечения сопла и тем самым регулировать коэффициент поджатия струи. Для начала доводочных работ обычно предлагаются «универсальная» насадка с внутренним диаметром 101 мм.

По конструкции движители серии «750» идентичны рассмотренной выше модели «1031», но для каждой «дополнительной»

ступени предусмотрена отдельная приставка-корпус 32. Добавляя между корпусом водозаборника и соплом одну или две приставки, можно получить двух- или трехступенчатый движитель.

Соединение гребного вала с выходным валом движителя может осуществляться как при помощи обычной муфты, так и с промежуточным карданным валом, для которого чаще всего используют стандартные автомобильные шарниры.

Новозеландские водометы неоднократно подтверждали свою высокую эффективность в качестве движителей как служебных и хозяйственных судов различного назначения, так и гоночных катеров. Достаточно сказать, что гонщики из Новой Зеландии с водометами «Гамильтон» четыре года подряд завоевывали переходящий приз в марафонских гонках на водометных катерах по бурной Рио Бальза в Мексике.

Водометы фирмы «Беркли» явились едва ли не первой продукцией такого рода, произведенной в США. «Беркли Памп Компани», специализировавшаяся на выпуске насосов различных типов, в 1960 г. представила на выставке 4,5-метровый катер с первой опытной водометной установкой, который на испытаниях развил скорость 65 км/час. За последующие годы «Беркли» с другой «насосной» компанией «Джеказзи» выпустила на рынок громадное количество водометов и катеров. Несколько позже водометы (наряду с угловыми поворотно-откидными колонками) стали выпускать и такие фирмы, как «Крайслер» и «Меркури».

Одной из первых систем, выпускавшихся «Беркли джет драйв» – водометного отдела «Памп Компани» – явилась установка «Пака джет», в которой водомет уже спарен с бензиновым двигателем. Эти движители имели мощность 180, 230, 290 и 320 л.с., достаточную для использования на катерах длиной от 4,5 до 7,5 м и более. Кроме того, выпускались несколько моделей водометов без двигателей.

Двигатель модели «12JC» представляет собой одноступенчатый насос «смешанного типа» (центробежно-осевой) с диаметром ротора 300 мм (рис. 38 и 39).

Отлитый из легкого сплава водовод собирается из трех частей: входного «адаптера», водозаборника и корпуса водомета со спрямляющим аппаратом и сужающимся выходным соплом.

Адаптер играет роль сменной приставки-переходника для крепления водозаборника к днищу катера; он выпускается в нескольких исполнениях – с нижним фланцем, приспособленным для уста-

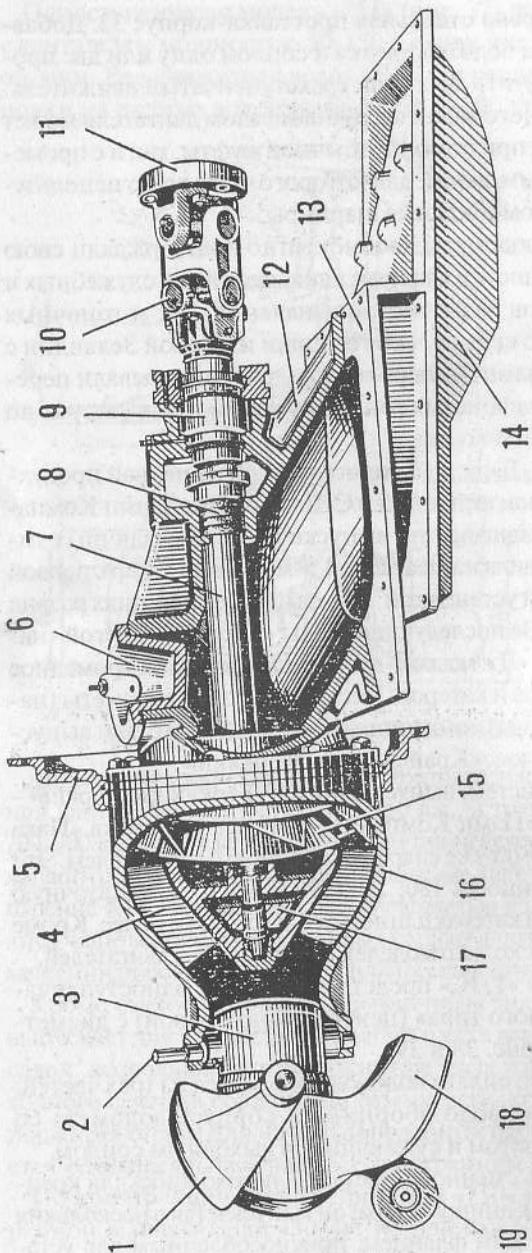


Рис. 38. Устройство водометного движителя модели «IZJC».

1 — секториальная заслонка реверсивного устройства, направляющая поток в патрубок заднего хода — сопло 18; 2 — баллер поворотного сопла-насадки 3; 4 — прямая соединительная арматура; 5 — фланец; 6 — смотровое окно; 7 — полый гребной вал; 8 — дейдвудный сальник; 9 — упорный подшипник; 10 — шарнирное соединение; 11 — полумуфта; 12 — корпус водомета; 13 — «адаптер» водозаборника; 14 — боковой плавник-шайба; 15 — рабочее колесо; 16 — корпус насоса; 17 — ступица опорного подшипника; 19 — кронштейн стемного пита руля.

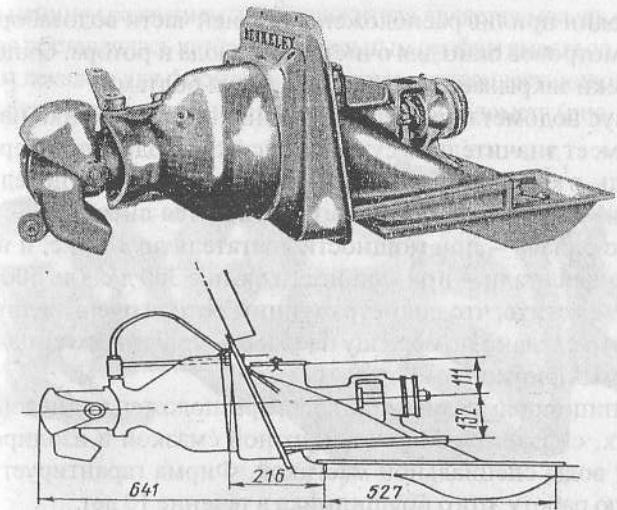


Рис. 39. Внешний вид и габаритная схема движителя «IZJC»

новки в ДП на днище с углом внешней килеватости 12° или 20° и для двухвальной установки на корпусе с килеватостью днища 20°.

Кстати говоря, специалисты фирмы считают наиболее подходящим для установки водомета типом корпуса именно корпус с обводами глубокое V — т. е. с большой килеватостью днища. На таком корпусе обеспечивается достаточное заглубление водозаборника и исключается опасность аэрации.

В адаптере закреплены решетка из нержавеющей стали и два невысоких (около 65 мм) плавничка, выступающих под днищем катера по бокам входного отверстия. Плавнички способствуют повышению устойчивости катера на курсе и служат шайбами — предотвращают прорыв пузырьков воздуха в водозаборник.

Водозаборник имеет два прилива по оси движителя, в которых расточены посадочные отверстия для сальника и упорного подшипника. Вал ротора — полый с внутренними шлицами, в зацепление с которыми входит промежуточный шлицевой валик, присоединяемый через универсальный шарнир и фланец к маховику двигателя. Благодаря такому шлицевому соединению и наличию шарнира упрощается монтаж двигателя; становятся возможными как продольное перемещение двигателя, так и установка его с небольшим изломом оси вала.

Еще один прилив расположен в верхней части водозаборника — это смотровое окно для очистки водовода и ротора. Окно герметически закрывается крышкой с двумя болтами.

Корпус водомета крепится к фланцу водозаборника на болтах и имеет значительно сужающийся к выходному отверстию профиль, в котором осуществляется поджатие струи перед выбросом из движителя. Ротор изготавливается литым из алюминиевого сплава — при мощности двигателя до 300 л.с. и из нержавеющей стали — при мощности выше 300 л.с. (до 500 л.с.). можно заметить, что диаметр ступицы ротора очень велик; видимо, это сделано по образцу насосов «смешанного типа», выпускаемых фирмой.

В ступице спрямляющего аппарата расположен концевой подшипник, смазываемый консистентной смазкой и изолированный от воды специальной мастикой. Фирма гарантирует нормальную работу этого подшипника в течение 10 лет.

Отверстие в транце, вырезанное для монтажа корпуса водомета, закрывается снаружи фланцем с резиновым уплотнением по окружности. Фирма поставляла два вида фланцев, предназначенных для транцев с углом наклона до 9° и от 9° до 18°.

Управление катером осуществляется путем изменения направления струи на выходе из движителя с помощью поворотной насадки, закрепленной на вертикальном баллере. На этот же баллер сверху посажен короткий рычаг-румпель, к которому подводится тяга рулевого устройства. Кроме того, на насадке предусмотрен обушок для шарнирного крепления небольшого пера руля, устанавливаемого в тех случаях, когда требуется обеспечить хорошую поворотливость на малом ходу. При наезде на мель перо руля легко откидывается вверх без повреждений.

Для обеспечения заднего хода на водометах «Беркли» применяется реверсивное устройство, которое в общих чертах сходно с подобными устройствами других фирм. В нижней части сопла имеется прямоугольное отверстие с отогнутым вперед (в нос катера) патрубком. Когда нужно дать задний ход, основное выходное отверстие сопла перекрывается поворачивающейся на горизонтальной оси заслонкой и струя направляется через этот патрубок вперед — под днище судна. Повороты на заднем ходу выпоняются по тому же принципу, что и на переднем — благодаря изменению направления струи поворотом всей насадки.

Дальнейшим развитием этого движителя является модель «12JE», которая поставлялась катеростроительным верфям вместе со специальным лекалом для формования в корме стеклопластикового корпуса катера стандартной ниши под установку водомета (рис. 40).

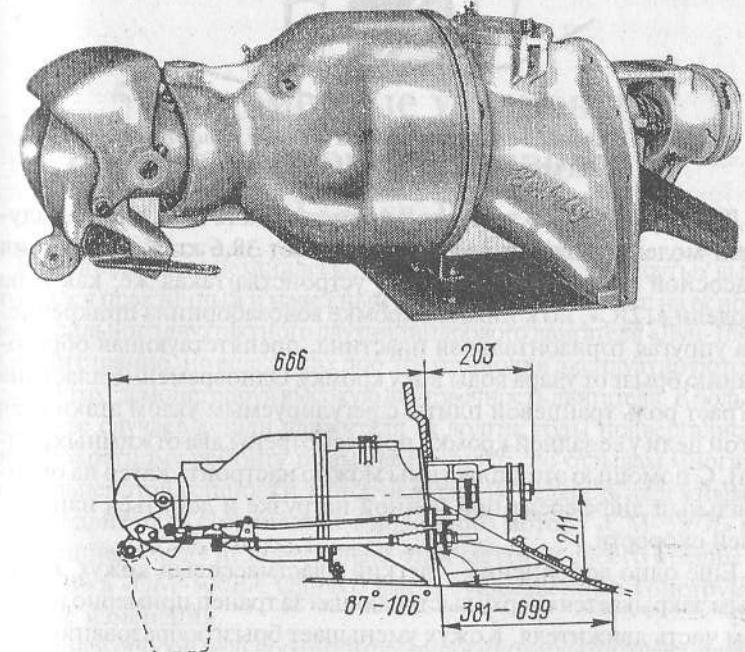
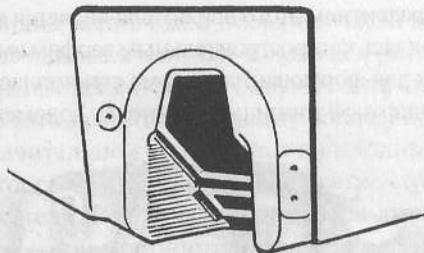


Рис. 40. Габаритная схема и общий вид движителя «12JE»

Преимущество новой конструкции в том, что она занимает еще меньше места внутри корпуса и значительно упрощает монтаж движителя: здесь не нужны адаптер водозаборника и отдельный фланец для крепления корпуса водомета к транцу. Движитель навешивается на транец, как угловая колонка, на одном фланце; надо завернуть 24 болта (в рассмотренной выше конструкции 44).

В корпусе катера — в нише (рис. 41) — необходимо прорезать только одно отверстие для ввода внутрь дейдвудного сальника и упорного подшипника.

Вся остальная часть движителя практически располагается снаружи. Соответственно можно уменьшить на 152 мм длину моторного отсека.



*Рис. 41. Общий вид кормы катера с нишей, отформованной для установки движителя модели «12JE».*

Двигатель «12JE» дешевле и примерно на 18 кг легче предыдущей модели: полный вес его составляет 38,6 кг. Конструкция насосной части и реверсивного устройства такая же, как и на модели «12JC», но к нижней кромке водозаборника прикреплена упругая горизонтальная пластина, препятствующая образованию брызг от удара воды в эту кромку. Одновременно пластина играет роль транцевой плиты с регулируемым углом атаки (для этой цели у ее задней кромки предусмотрены два отжимных болта). С помощью этой пластины можно настроить катер на оптимальный дифферент при данной нагрузке и добиться наивысшей скорости.

Еще одно дополнение — легкий пластмассовый кожух, которым закрывается сверху выступающая за транец примерно на 660 мм часть движителя. Кожух уменьшает брызгообразование при работе движителя, придает судну более эстетичный вид и служит удобной площадкой при подъеме пловца из воды в катер (сверху и по бокам отформованы ступеньки).



## 5. Водометные установки отечественного производства

### 5.1. «Луч-18»

На Богородском механическом заводе в начале семидесятых выпускался практичный и надежный водометный комплекс на основе 18-сильного двухтактного двухцилиндрового двигателя «Луч-18». Как ни странно, но еще до сих пор эти установки эксплуатируются на катерах, демонстрируя высокую долговечность двигателя. В большинстве случаев детали движителя за долгие годы подвергались неоднократному ремонту и заменам, однако, по отзывам многих владельцев этой установки, мотор оказался на редкость надежным.

Этот двигатель создан на базе лодочного мотора «СМ-557Л» и по внешнему виду незначительно отличается от своего предшественника «СМ-500В». Однако имеет существенные конструктивные изменения.

Средней опорой цельного штампованного коленчатого вала является игольчатый подшипник, который по своим размерам унифицирован с шатунными подшипниками. В каждый подшипник вставляется по 24 иглы диаметром 2,5 мм с сепаратором. Кривошипная камера одного цилиндра отделяется от другого лабиринтным уплотнением. Впуск свежей рабочей смеси в картер происходит через каналы, выполненные в чугунной средней опоре коленчатого вала.

### 5.2. Водометная установка разъездного катера «Аист»

Быстроходный разъездной катер «Аист», выпускавшийся в семидесятых годах, использовался на реках, озерах и в прибрежных районах морей при волнении до 3 баллов. Этот катер обладал высокой надежностью, очень хорошей управляемостью и высокой скоростью.

**Основные данные катера**

Длина наибольшая, м .....	9,1
Ширина, м .....	2,6
Высота борта на миделе, м .....	1,22
Водоизмещение, т	
порожнем .....	3,55
полное .....	4,75
Осадка средняя при полном водоизмещении, м .....	0,46
Скорость хода при полном водоизмещении, км/час .....	около 36

Катер оборудован дизелем «ЗД20», максимальная мощность которого 260 л.с. при 2270 об/мин, эксплуатационная 235 л.с. при 2200 об/мин. Дизель спарен напрямую с водометным двигателем. Маховик двигателя соединяется с гребным валом через эластичную муфту. Наружная часть вала изолирована стеклопластиком.

Система охлаждения двигателя выполнена таким образом, что полностью исключается опасность ее засорения илом, водорослями или песком. Циркулирующая в замкнутой системе пресная вода охлаждается в трех коробчатых каналах, приваренных изнутри к обшивке днища.

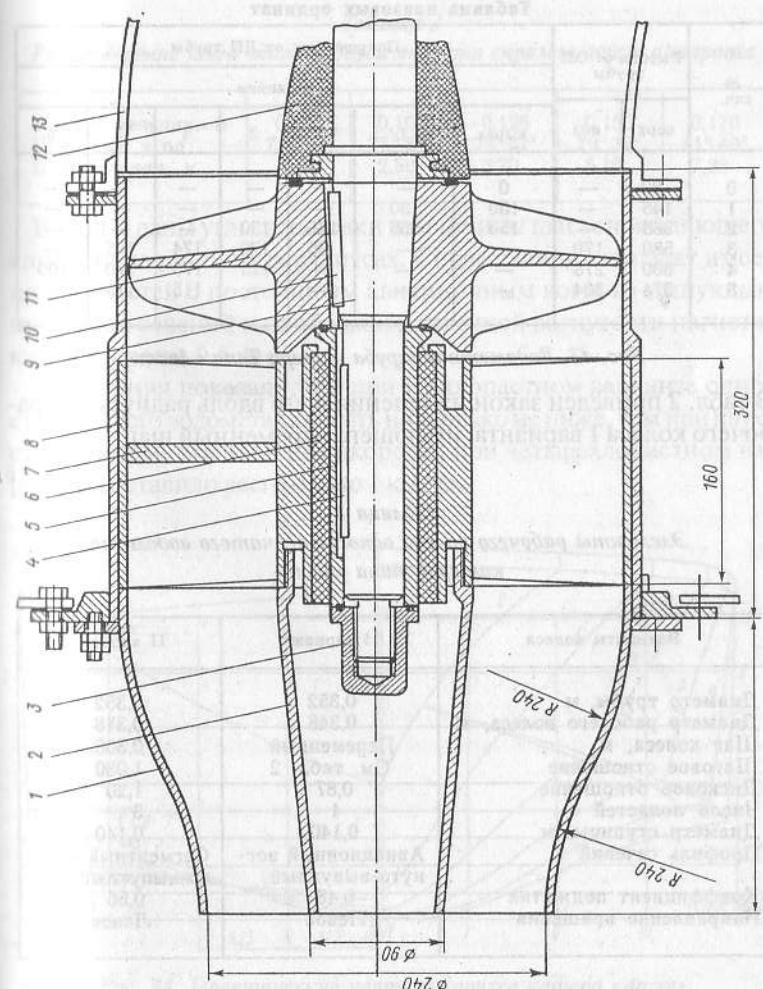
На первых катерах были установлены двухступенчатые водометы, так как первичные расчеты показали возможность возникновения кавитации при одноступенчатом движителе.

Два четырехлопастных ротора диаметром 348 мм с дисковым отношением  $A/A_d = 0,87$  давали суммарную спрямленную площадь лопастей  $0,17 \text{ м}^2$ , что позволяло избежать возможной кавитации. Однако при испытании судна с одним ротором также удалось получить удовлетворительные результаты, поэтому в дальнейшем на катер устанавливались более компактные и простые по конструкции одноступенчатые движители (рис. 42).

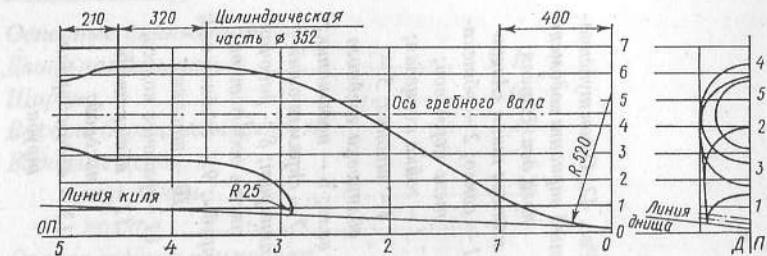
Кроме этого одноступенчатые водометы почти в два раза дешевле в изготовлении и в ремонте, значительно упрощается монтаж и демонтаж всего комплекса. Геометрия водовода и его плавовые ординаты приведены на рис. 43.

Одноступенчатый водометный движитель был успешно испытан на катерах «Аист» с двумя вариантами рабочего колеса. Основные элементы этих вариантов представлены в табл. 1.

Рис. 42. Одноступенчатый, вариант водометного движителя катера типа «Аист»  
 1 — сопло; 2 — обтекатель корневой;  
 3 — гайка крепежная;  
 4 — шпонка; 5 — облицовка гребного вала;  
 6 — подшипник;  
 7 — спрямляющий аппарат; 8 — рабочая часть водометной трубы; 9 — гребной вал;  
 10 — шпонка;  
 11 — рабочее колесо;  
 12 — обтекатель посовой;  
 13 — водозаборная труба.



3 Стационарные водометы

Таблица 2  
Планы сечений

№ сеч.	Высоты от ОП трубы		Полушироты от ДП трубы						
			Ватерлиния						
	верх	низ	вырез	1	2	3	4	5	6
0	20	—	0	—	—	—	—	—	—
1	145	—	150	130	—	—	—	—	—
2	388	—	150	155	165	150	—	—	—
3	580	170	—	—	95	170	174	155	—
4	630	278	—	—	—	115	170	170	100
5	574	334	—	—	—	—	115	115	—

Рис. 43. Водометная труба катера Типа «Аист»

В табл. 2 приведен закон изменения шага вдоль радиуса для рабочего колеса 1 варианта, имеющего переменный шаг.

Таблица 1  
Элементы рабочего колеса одноступенчатого водомета  
катеров типа «Аист»

Элементы колеса	I вариант	II вариант
Диаметр трубы, м	0,352	0,352
Диаметр рабочего колеса, м	0,348	0,348
Шаг колеса, м	Переменный	0,360
Шаговое отношение	См. табл. 2	1,030
Дисковое отношение	0,87	1,20
Число лопастей	4	3
Диаметр ступицы, м	0,140	0,140
Профиль сечений	Авиационный вогнуто-выпуклый	Сегментный плоско-выпуклый
Коэффициент поджатия	0,48	0,56
Направление вращения	Левое	Левое

Таблица 2  
Распределение шага вдоль радиуса лопасти четырехлопастного  
рабочего колеса (1 вариант)

Радиус сечения, м	0,080	0,100	0,125	0,150	0,170
Шаговое отношение	1,076	1,017	0,960	0,948	0,948
Шаг сечения, м	0,375	0,354	0,334	0,330	0,330

Таблица 3  
Распределение шага вдоль радиуса лопасти спрямляющего аппарата

Радиус сечения, м	0,075	0,100	0,125	0,150	0,170
Шаговой угол	71° 53'	75° 54'	78° 01'	79° 32'	81° 40'
Шаг сечения, м	1,44	2,50	3,70	5,10	7,28

В табл. 3 даны углы установки и величины шага спрямляющего аппарата на различных радиусах. Спрямляющий аппарат имеет пять лопастей с постоянным авиационным вогнуто-выпуклым профилем сечений и наибольшей стрелкой вогнутости нагнетающей стороны 9,5 мм.

Испытания показали, что при трехлопастном варианте одноступенчатого водомета скорость нисколько не ниже, чем при двухступенчатом. Уменьшение скорости при четырехлопастном варианте составило всего около 1 км/час.

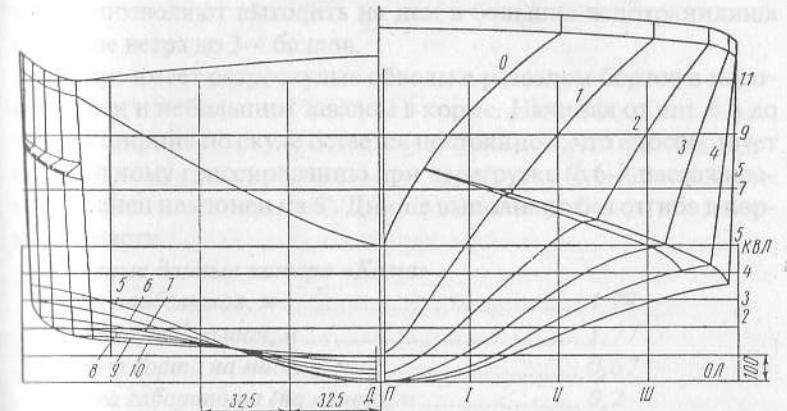
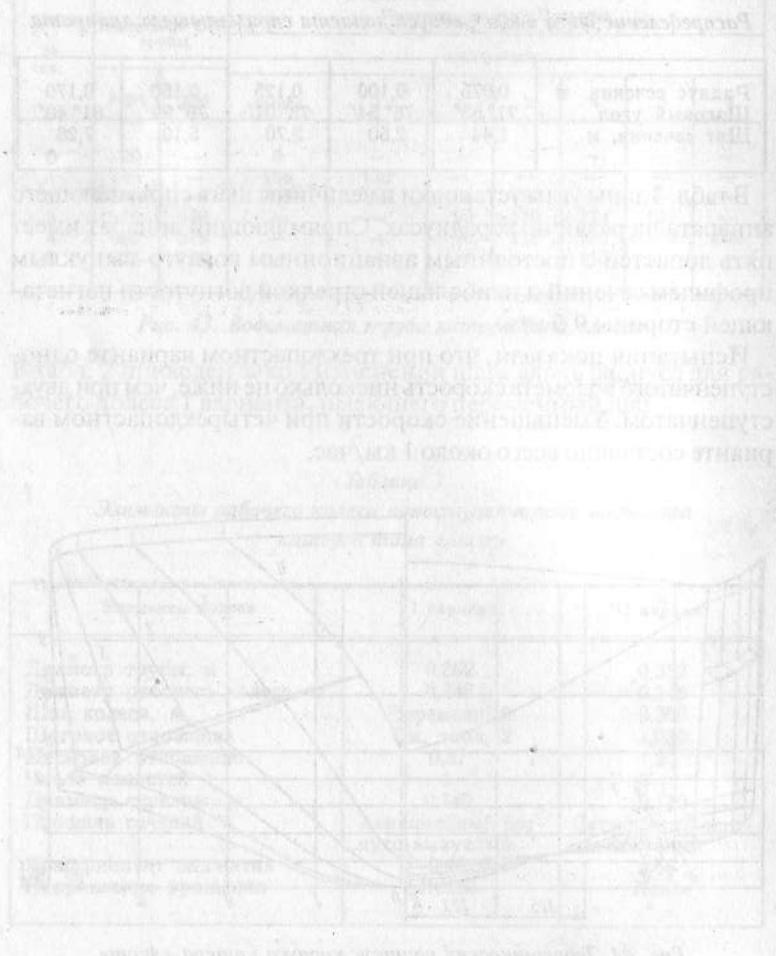


Рис. 44. Теоретический чертеж корпуса катера «Аист».

Следует подчеркнуть, что для успешного применения одинакового водометного движителя на катерах, имеющих близкие размерения, в каждом конкретном случае необходимо провести определенную доводку водомета. Оптимальный движитель должен обеспечивать максимальную скорость при заданных значениях мощности и частоте вращения двигателя на катере с определенными водоизмещением и обводами. Для сравнения возможных вариантов с катером «Аист» ниже приводится теоретический чертеж его корпуса (рис. 44).



## 6. Водометы

### для самостоятельного изготовления

В этом разделе представлены наиболее удачные проекты водометов для самостоятельной постройки, обладающих высокими техническими и эксплуатационными характеристиками. Поскольку большая часть водометов проектировалась для конкретных моделей катеров самостоятельного изготовления, в раздел включены основные данные по этим судам.

#### 6.1. Водометная установка катера «Кама»

Конструкция катера «Кама» (разработка С. Лебедева) со стационарным водометом, построенного еще в середине 60-х годов, оказалась очень удачной и послужила основой для изготовления ряда других катеров сходного типа.

Достаточная остойчивость и хорошие мореходные качества катера позволяют выходить на нем в большие водохранилища при силе ветра до 3-4 баллов.

Корпус имеет остроскульные обводы с развалом бортов в носовой части и небольшим завалом в корме. Начиная от шп. 6 и до транца ширина по склону остается постоянной, что способствует нормальному глиссированию при перегрузке (с 6-7 пассажирами). Транец наклонен на 6°. Днище выполнено без отгиба в кормовой части.

##### Основные данные катера «Кама»

Длина наибольшая, м .....	4,73
Ширина наибольшая, м .....	1,77
Высота борта на миделе, м .....	0,67
Осадка габаритная (на плаву), м .....	0,2
Осадка на ходу, м .....	0,1

Водоизмещение полное, т	1,0
порожнем, т	0,55
Пассажировместимость, чел	5
Двигатель - «М20»	52 л.с.
Расход топлива на 100 км при полной нагрузке, л	40
Скорость хода, км/час:	
с 2 чел	49,6
с 4	45
с 5	43

Теоретический чертеж и разрез по ДП представлены на рис. 45.

Таблица 4  
Плавовые ординаты катера «Кама».

ТАБЛИЦА ПЛАЗОВЫХ ОРДИНАТ

№ шп.	Высоты от ОЛ, мм				Полушироты от ДП, мм	
	киль	скулья	борт	палуба в ДП	скулья	борт
1	166	396	684	720	242	444
2	68	320	680	728	544	691
3	36	250	674	734	732	826
4	18	180	672	0	816	882
5	6	128	670	0	844	886
6	0	100	664	0	844	875
7	0	88	660	700	844	856
8	0	84	652	687	844	839
9	0	76	632	667	844	820
Tr.	0	65	608	644	844	808

#### Установка двигателя

Для данной конструкции более всего пригодны силовые установки мощностью 50-75 л.с. и частотой вращения 3000-3500 об/мин. При наличии выбора предпочтение следует отдать одному из следующих автомобильных двигателей: «ГАЗ-69», «М-20», «М-21», «М-24».

Двигатель устанавливается на фундаментные брусья, проходящие от шп. 7 до транца. Сечение брусьев 50x60; материал — ясень или дуб. Расстояние между ними 950 мм. Двигатель установлен под углом 6° к основной линии корпуса, т.е. по наклону валовой линии движителя.

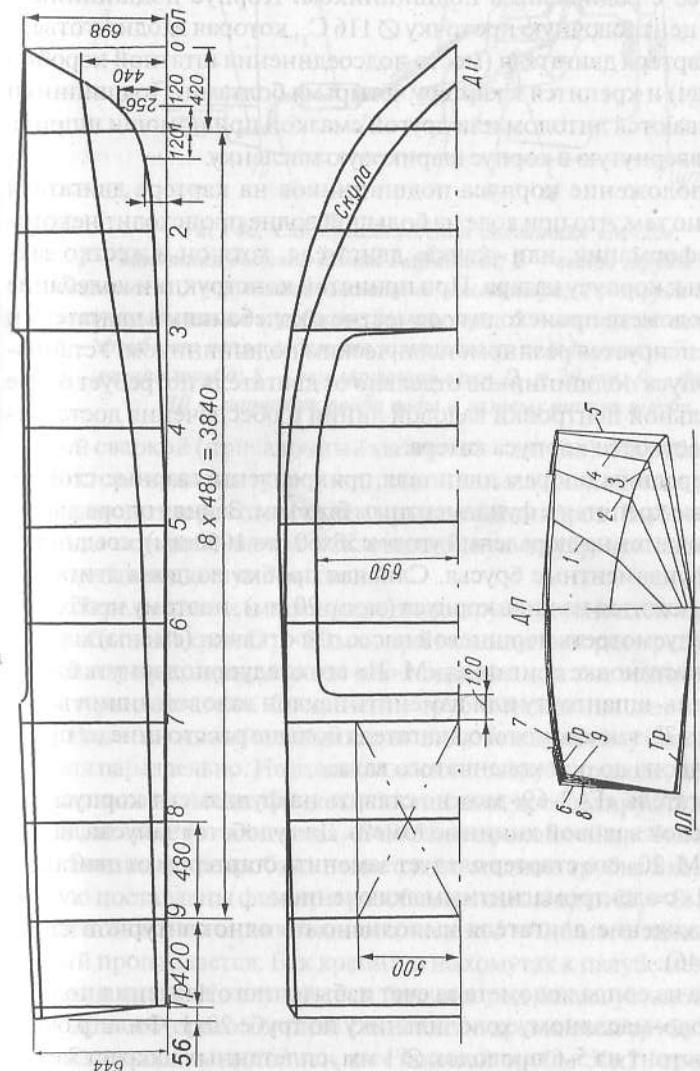


Рис. 45. Теоретический чертеж и разрез по ДП катера.

Упор от ротора водомета передается через вал и промежуточный валик на упорный подшипник, расположенный в одном корпусе с радиальным подшипником. Корпус подшипников имеет центровочную проточку  $\varnothing 116\text{ C}_3$ , которая входит в отверстие картера двигателя (место подсоединения штатной коробки передач) и крепится к картеру четырьмя болтами. Подшипники смазываются литолом или другой смазкой при помощи шприца через ввернутую в корпус шариковую масленку.

Расположение корпуса подшипников на картере двигателя вызвано тем, что при ходе на большой волне происходит некоторая деформация, или «качка» двигателя, хотя он и жестко закреплен к корпусу катера. При принятой конструкции колебание вала водомета происходит совместно с колебаниями двигателя и компенсируется резинометаллическим подшипником. Установка корпуса подшипников отдельно от двигателя потребует более щадительной центровки валовой линии и обеспечения достаточной жесткости корпуса катера.

К передним опорам двигателя прикреплены сварные стойки, которые крепятся к фундаментным брусьям. Задняя опора двигателя ложится на дюралевый уголок  $50 \times 60$  ( $l = 1050$  мм), соединяющий фундаментные брусья. Сливная пробка поддона двигателя почти ложится на киль корпуса (зазор 20 мм), поэтому необходимо предусмотреть поршневой насос для откачки (смены) масла.

При установке двигателя «М-21» его следует подвинуть ближе к мидель-шпангоуту или изменить наклон валовой линии водомета до  $7^\circ$ , так как у этого двигателя больше расстояние от пробки поддона до оси коленчатого вала.

Двигатель «ГАЗ-69» можно ставить на фундамент корпуса без переделок валовой линии водомета. Для удобства запуска двигателя «М-20» его стартер следует заменить стартером от двигателя «М-21» с электромагнитным включением.

Охлаждение двигателя выполнено по одноконтурной схеме (рис. 46).

Вода из сопла водомета за счет избыточного давления подается к водо-масляному холодильнику по трубе  $20 \times 1$ . Фильтр очистки состоит из 5-6 проволок  $\varnothing 1$  мм, сплетенных накрест между собой и помещенных в трубку  $20 \times 1$ . Из водо-масляного холодильника вода поступает в рубашку выхлопного коллектора, изготовленную из листовой стали  $\delta = 1,5$  мм и приваренную газо-

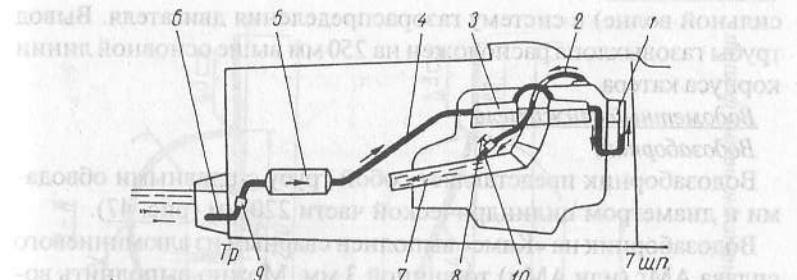


Рис. 46. Схема охлаждения двигателя «М-20».

1 — штатная водяная помпа двигателя; 2 — выход трубы из блока двигателя; 3 — рубашка выхлопного коллектора; 4 — труба от масляного холодильника к рубашке коллектора; 5 — масляный холодильник; 6 — труба от сопла водомета к масляному холодильнику; 7 — газовых-хлопная труба; 8 — регулирующий кран  $D_y = 20$  мм; 9 — фильтр; 10 — патрубок ввода воды в газовыххлопную трубу.

вой сваркой (присадочный материал — латунь). Из рубашки коллектора вода поступает к штатной помпе охлаждения двигателя и выходит через отверстие в крышке цилиндров. Выброс горячей воды осуществляется в газовыххлопную трубу, что способствует уменьшению шума выхлопа.

Перед сливом в газовыххлопную трубу установлен проходной пробковый кран  $D_y = 20$  мм, при помощи которого регулируется расход проходящей воды для поддержания постоянной температуры двигателя. Соединение труб охлаждения дюритовое.

Водо-масляный холодильник включен в систему смазки двигателя параллельно. На входном масляном трубопроводе, перед водо-масляным холодильником, установлены дросселирующий клапан на  $1 \text{ кгс}/\text{см}^2$  (от двигателя «ГАЗ-51») и проходной пробковый кран.

Бензин из бензобака подается по медной трубке  $8 \times 1$ , на которую установлены фильтр и разобщительный кран  $D_y = 8$ . Бензобак изготовлен из оцинкованного железа  $\delta = 0,6$  мм с замком, который пропаивается. Бак крепится на хомутах к палубе между транцем и шп. 9. На случай течи бензина под баком установлен поддон, из которого топливо сольется по дренажной трубе за борт.

Газовыххлоп выполнен из стальной трубы  $50 \times 2$ , проходящей через транец на резиновых прокладках. С транцем труба жестко не соединена. На конце газовыххлопной трубы установлена захлопка, которая предотвращает случайное попадание воды (при

сильной волне) в систему газораспределения двигателя. Вывод трубы газовыххлопа расположен на 250 мм выше основной линии корпуса катера.

#### Водометный движитель

##### Водозаборник.

Водозаборник представляет собой трубу с плавными обводами и диаметром цилиндрической части 220 мм (рис. 47).

Водозаборник на «Каме» выполнен сварным из алюминиевого сплава АМг (или АМц) толщиной 3 мм. Можно выполнить водозаборник и из листовой нержавеющей стали  $\delta = 1,5 - 2$  мм, стеклопластика или даже из Ст. 3 ( $\delta = 2$  мм) с последующим покрытием (оцинковка или нанесение специального грунта). Алюминиевый водозаборник намного легче, что способствует достижению больших скоростей.

Рекомендуемая последовательность операций при изготовлении водозаборника такова:

1. Изготовление шаблона из сосновых реек по теоретическому чертежу водозаборника;
2. Выколотка по шаблону двух половин водозаборника из листа;
3. Подгонка и подгонка нижнего фланца водозаборника по днищу корпуса катера;
4. Сварка двух половин водозаборника между собой и нижнем фланцем;
5. Приварка транцевого фланца к обечайке и их расточка по размерам конструктивного чертежа;
6. Подгонка обечайки к трубе водозаборника 2 и их сварка; при этом необходимо выдержать угол наклона фланца  $6^\circ$  по отношению к основной линии водозаборника. Неперпендикулярность плоскости К оси вала водозаборника допускается не более 0,3 мм в габаритах детали по оси;
7. Выставить и приварить по струне дейдвудный патрубок точно по оси фланца и обечайки. Несоосность оси патрубка 6 и обечайки 3 допускается не более 1,5 мм.
8. Окончательно зачистить сварные швы и приварить полосы защитной решетки к водозаборнику. Естественно, что внутренняя поверхность водозаборника должна быть чистой и без вмятин.

При подготовке и установке водозаборника в днище и транце катера делают соответствующие вырезы. Заводят водозаборник

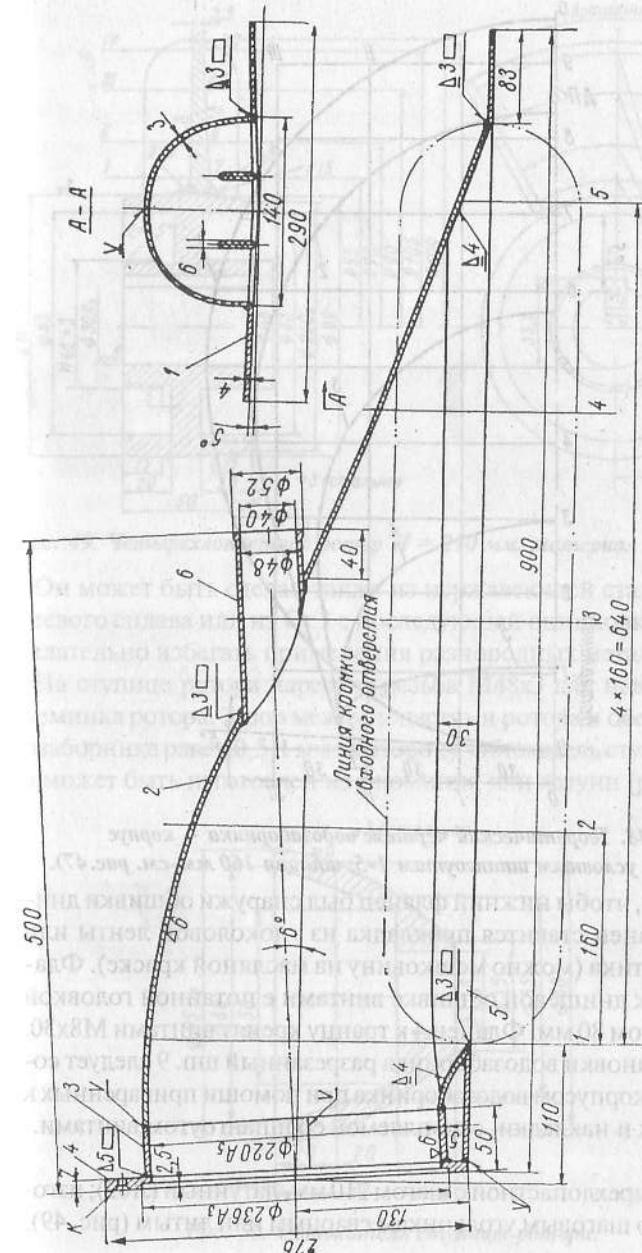


Рис. 47. Продольный разрез водозаборника.

1 — фланец низкий 876x290; 2 — труба (по шаблону); 3 — обечайка; 4 — фланец трапециевидный, днищевую часть фланца подрезать по линии днища; 5 — полоса 6х30; 6 — дейдвудный патрубок.

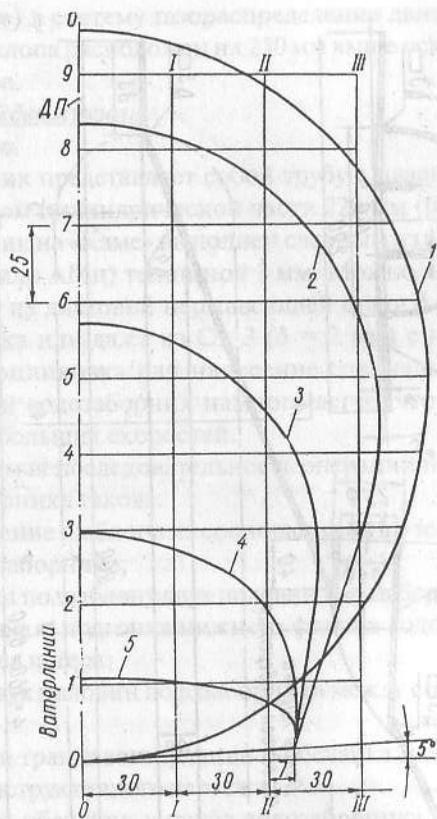


Рис. 48. Теоретический чертеж водозаборника – корпус (сечения по условным шпангоутам 1-5; ширина 160 мм-см. рис. 47).

на место так, чтобы нижний фланец был снаружи обшивки днища; под фланец ставится прокладка из тиоколовой ленты или иного герметика (можно мешковину на масляной краске). Фланец крепят к днищевой обшивке винтами с потайной головкой M6x15 с шагом 80 мм. Фланец 4 к транцу крепят винтами M8x30.

После установки водозаборника разрезанный шп. 9 следует состыковать с корпусом водозаборника при помощи приваренных к нему планок и накладки, скрепляемой со шпангоутом винтами.

#### Ротор

Ротор четырехлопастной с шагом 210 мм, латунный (Л62); изготавливается по шаговым угольникам сварным или литым (рис. 49).

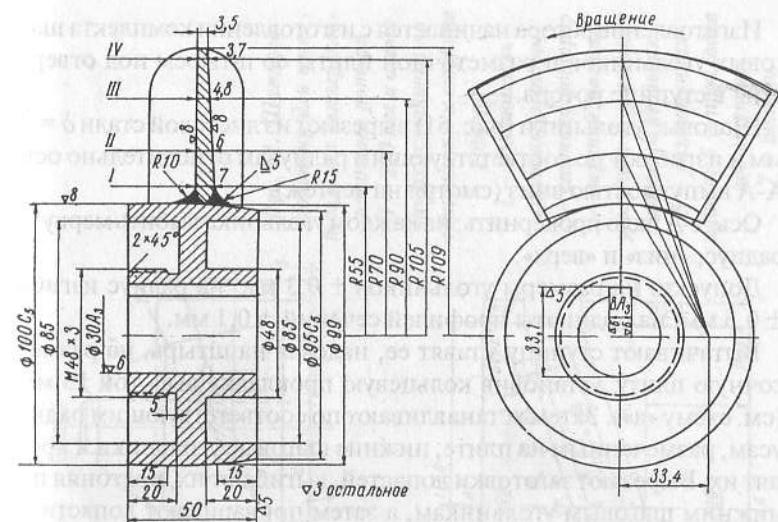


Рис. 49. Четырехлопастной ротор  $H = 210$  мм; материал латунь Л62.

Он может быть сделан также из нержавеющей стали, алюминиевого сплава или из Ст.3 с последующей оцинковкой, однако желательно избегать применения разнородных металлов.

На ступице ротора нарезана резьба M48x3 для навинчивания съемника ротора. Зазор между лопастями ротора и обечайкой воздухозаборника равен 0,5–1 мм на сторону. Обтекатель ступицы ротора может быть изготовлен из алюминия или латуни (рис. 50).

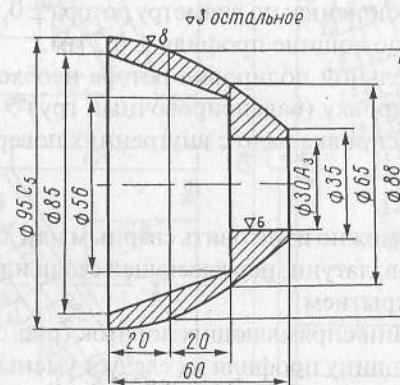


Рис. 50. Обтекатель ступицы ротора.

Изготовление ротора начинается с изготовления комплекта шаговых угольников и разметочной плиты со штырем под отверстие в ступице ротора.

Шаговые угольники (рис. 51) вырезают из листовой стали  $\delta = 2$  мм и изгибают по соответствующим радиусам относительно оси А-А выпуклостью вниз (смотря на чертеж).

Ось А-А надо прокернить; на каждом угольнике выбрать мерку — радиус, «ниж» и «верх».

Допуски: на размеры угольников  $\pm 0,3$  мм; на радиус изгиба  $\pm 0,5$  мм; на ординаты профилей сечений  $\pm 0,1$  мм.

Вытачивают ступицу, ставят ее, надевая на штырь, на разметочную плиту, установив кольцевую прокладку высотой 15 мм (см. схему «а»). Затем устанавливают по соответствующим радиусам, размеченным на плите, нижние шаговые угольники и крепят их. Вырезают заготовки лопастей, выгибают их, подгоняя по нижним шаговым угольникам, а затем приваривают лопасти к ступице. После сварки ротор в сборе протачивают по наружному диаметру  $\varnothing 218$  и приступают к окончательной обработке поверхности лопастей.

Закончив окончательную подгонку к нижним шаговым угольникам, выбирают профиль лопастей сверху с подгонкой по верхним шаговым угольникам. Радиус сопряжения лопастей со ступицей надо плавно уменьшить до наибольшего значения на середине до  $R = 5$  мм у кромок. Трещины, раковины, свищи и сыпь на обработанных поверхностях не допускаются.

Допустимые отклонения: по диаметру ротора  $\pm 0,5$  мм; по шагу ротора  $\pm 0,2$  мм; по лошине профиля  $\pm 0,2$  мм.

После окончательной полировки ротора необходимо произвести его балансировку (балансировочный груз 5 г). Выбирать металл при балансировке надо с внутренних поверхностей ступицы ротора.

#### Сопло.

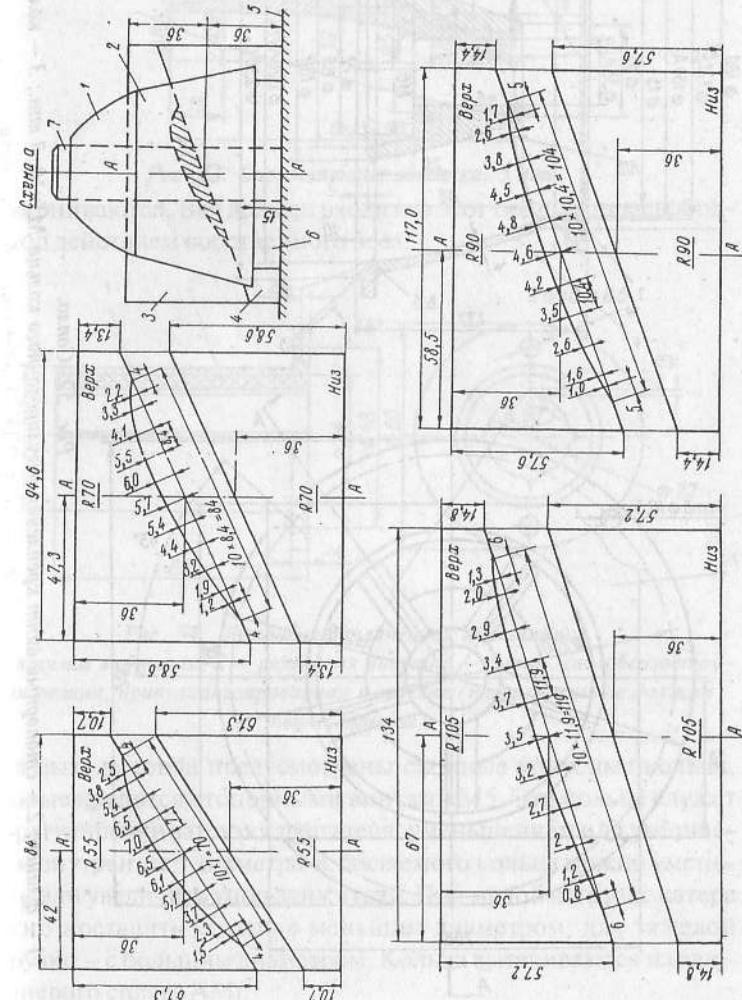
Сопло (рис. 52) можно изготовить сварным или литым из алюминиевых сплавов, латуни, нержавеющей стали или Ст.3 с соответствующим покрытием.

При извлечении спрямляющих лопаток (рис. 53) из нержавеющей стали толщину профиля их следует уменьшить на 50%.

В обтекателе сопла закреплен двумя винтами М6x15 резино-металлический подшипник (рис. 54); винты после крепления

Рис. 51. Шаговые угольники для изготовления четырехлопастного ротора  $H = 210$  мм и схема «а» их установки по отношению к ступице ротора.

- 1 — обтекатель ступицы ротора;
- 2 — ступица ротора;
- 3 — верхний шаговый угольник;
- 4 — нижний шаговый угольник;
- 5 — разметочная плита;
- 6 — прокладка под ступицу;
- 7 — штырь.



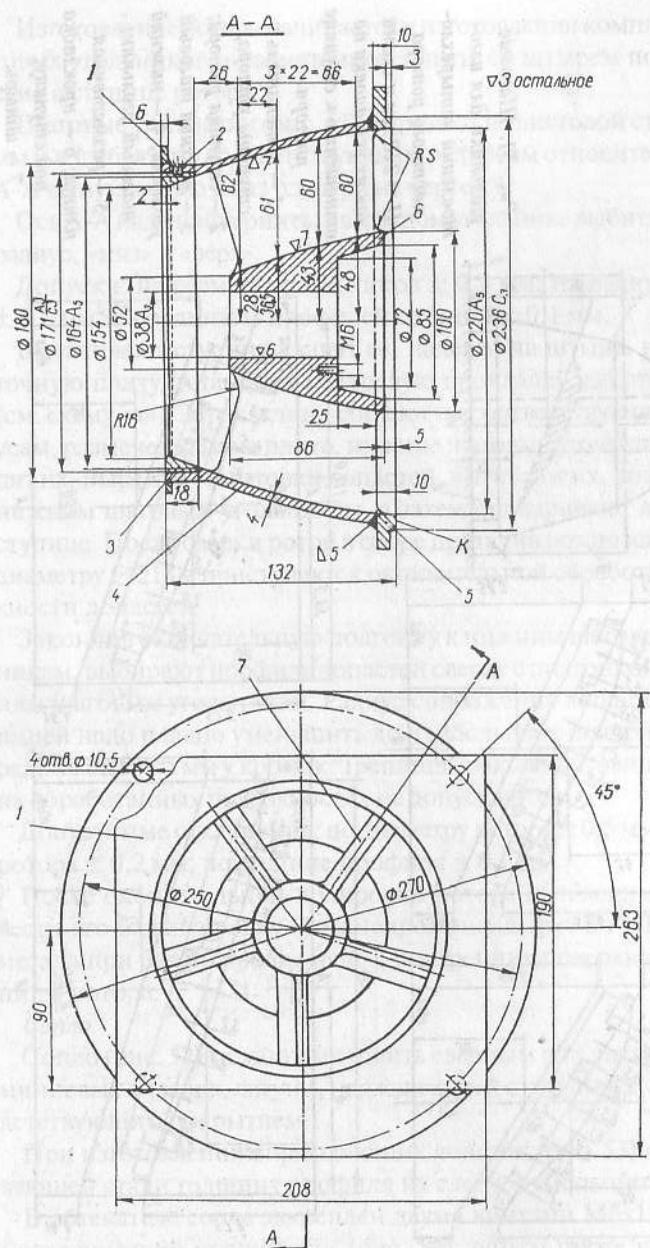


Рис. 52. Сопло.  
1 — фланец; 2 — стопорный винт крепления регулировочного колпака  $M5 \times 10$ , 3 — штифт; 3 — кольцо регулировочное;  
4 — обечайка; 5 — передний фланец; 6 — ступица.

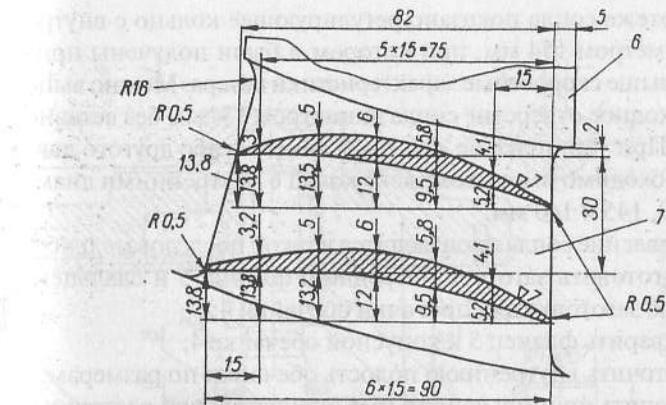


Рис. 53. Спрямляющие лопатки, 5 шт.

раскремниваются. Вал должен входить в этот подшипник свободно под действием собственного веса.

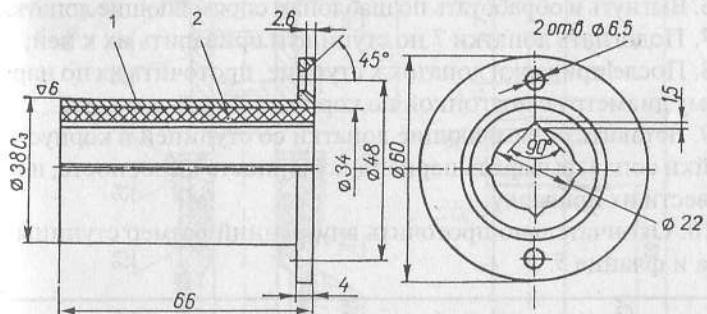


Рис. 54. Резинометаллический подшипник.

*1 – втулка латунная; 2 – резиновая подушка – сырая маслобензостойкая резина, привулканизированная к втулке (поверхность ее должна быть гладкой).*

На выходе сопла предусмотрены съемные конусные кольца, которые крепятся стопорными винтами М5. Эти кольца служат для регулировки загрузки двигателя; уменьшением или увеличением внутреннего диаметра вставляемого кольца можно уменьшить или увеличить упор движителя. При малой нагрузке катера можно поставить кольцо с меньшим диаметром; для тяжелой нагрузки — с большим диаметром. Кольца вытачиваются из алюминиевого сплава АМг.

#### 4 Стационарные водометы

На чертеже сопла показано регулирующее кольцо с внутренним диаметром 154 мм, при котором и были получены приведенные выше скоростные характеристики катера. Можно выполнить выходное отверстие сопла диаметром 154 мм без вставного кольца. При установке не «М-20», а какого-либо другого двигателя необходимо иметь комплект колец с внутренними диаметрами 160, 145 и 140 мм.

Изготовление сопла производится в такой последовательности:

1. Подготовить заготовку переднего фланца 5 и свальцевать конусную заготовку для проточки обечайки 4;
  2. Приварить фланец 5 к конусной обечайке 4;
  3. Проточить внутреннюю полость обечайки по размерам;
  4. Выточить ступицу сопла 6 (без окончательной расточки отверстия под корпус подшипника);
  5. Сделать шаблоны из листовой стали  $\delta = 2$  мм для изготовления спрямляющих лопаток 7;
  6. Выгнуть и обработать по шаблонам спрямляющие лопатки 7;
  7. Подогнать лопатки 7 по ступице и приварить их к ней;
  8. После приварки лопаток к ступице, проточить их по наружному диаметру с подгонкой по корпусу обечайки сопла;
  9. Вставить спрямляющие лопатки со ступицей в корпус обечайки сопла, выверить перпендикулярность и соосность, и произвести их приварку;
  10. Окончательно проточить внутренний размер ступицы сопла и фланца 5.

*К Рис. 55. Валопровод в сборе и вал водомета.*

1 — коленчатый вал двигателя; 2 — маховик двигателя; 3 — картер двигателя; 4 — корпус подшипника, Ст.3; 5 — крышка сальника, Ст.3; 6 — сальник; 7 — подшипник радиальный №206; 8 — подшипник упорный №8206К; 9 — вал водометного движителя; 10 — болт M8x30, 6 шт.; 11 — диск крепления вала к маховику двигателя; 12 — шпонка 8x7x63, 2 шт., сталь 45; 13 — втулка; 14 — болт M6x20, 4 шт.; 15 — штифт Ø 8; 16 — стопорная планка; 17 — винт M5, 2 шт.; 18 — сальниковая набивка; 19 — корпус водозаборника; 20 — патрубок дейдвудный; 21 — хомут, 2 шт.; 22 — дюритовый шланг Ø 48; 23 — корпус сальника, Ст.3 (оцинковать); 24 — гайка накидная, Ст.3 (оцинковать); 25 — грунд-букса, латунь; 26 — промежуточный валик, Ст.5; 27 — отверстие с резьбой в корпусе подшипника для постановки масленки; 28 — втулка распорная Ø 28, сталь.

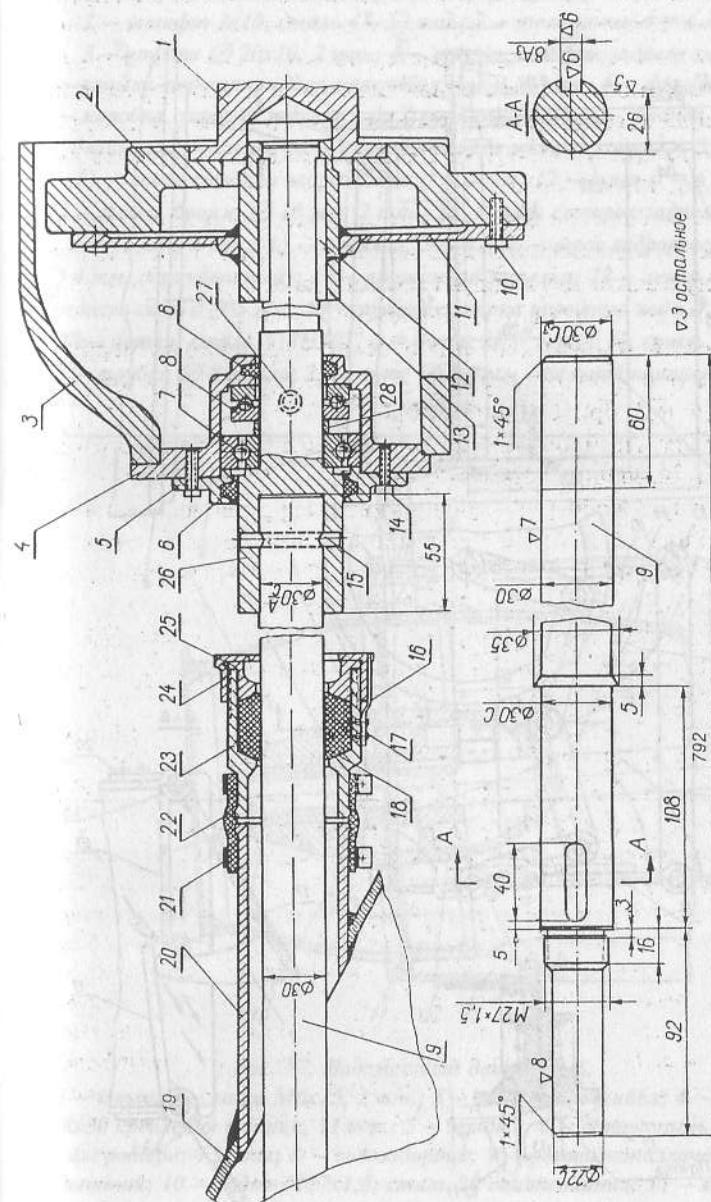


Рис. 55. Валопровод с сборе и вал водомета.

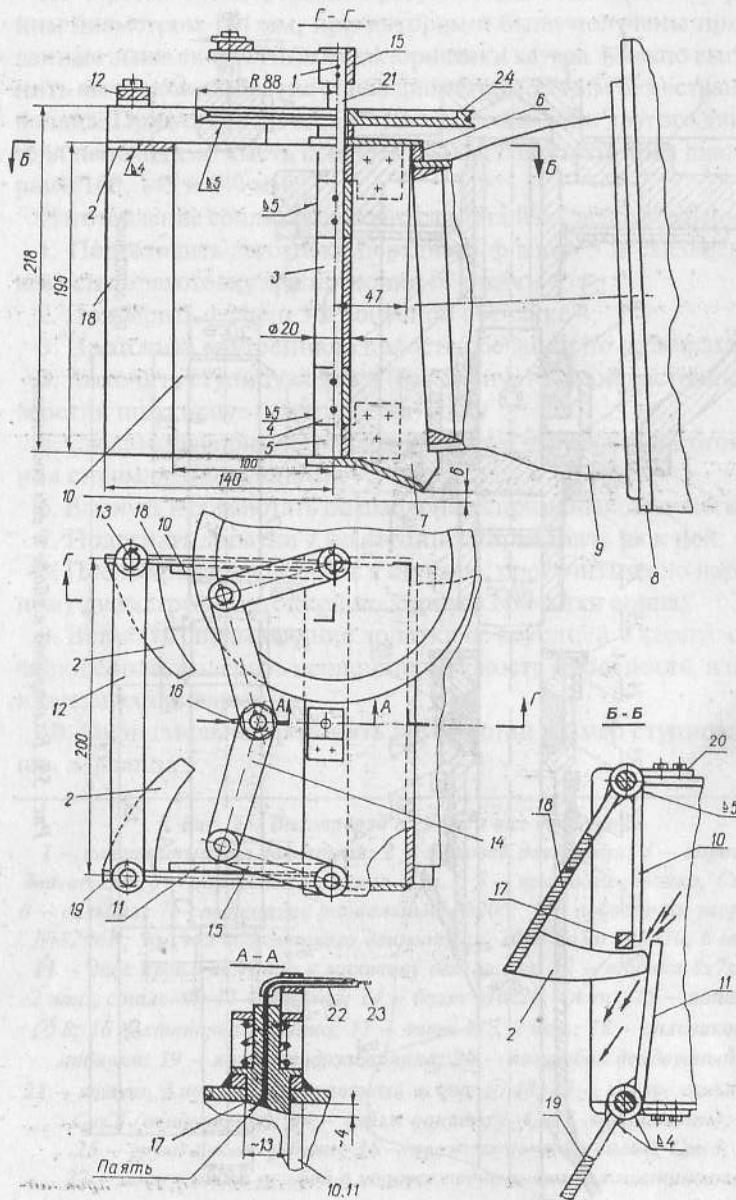


Рис. 56. Рули и гидрореверс.

Рис. 56. Рули и гидрореверс.

1 – штифт 3х10, сталь 45, 12 шт.; 2 – толкател  $\delta = 6$  мм; 3 – втулка  $\varnothing 20 \times 10$ , 2 шт.; 4 – втулка створок заднего хода; 5 – втулка-подшипник, нержавеющая сталь, 4 шт.; 6 – фланец сопла; 7 – коробка створок заднего хода (сварная)  $\delta = 4$ ; 8 – фланец водозаборника; 9 – сопло; 10 – правая створка заднего хода  $\delta = 5$  мм; 12 – тяга  $\delta = 6$  мм; 13 – палец, бронза  $\varnothing 10$  мм, 2 шт.; 14 – тяга створок заднего хода  $\delta = 6$  мм, 2 шт.; 15 – качалка, 2 шт.; 16 – трос гидрореверса ( $\varnothing 4$  мм, оцинкованный); 17 – пружинная защелка; 18 – левая створка переднего хода  $\delta = 5$  мм; 19 – правая створка переднего хода  $\delta = 5$  мм; 20 – петля, сталь Х18Н10Т,  $\delta = 4$  мм; 21 – ось  $\varnothing 10$ , сталь 2Х13; 22 – трубка  $\varnothing 8$  сталь; 23 – трос  $\varnothing 1,8$  мм стальной оцинкованный; 24 – сектор.

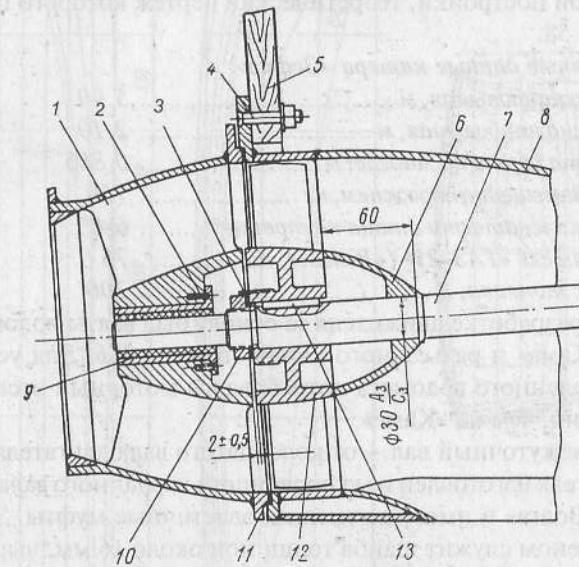


Рис. 57. Водометный движитель.

1 – сопло; 2 – винт M6x15, 2 шт.; 3 – стопорная шайба; 4 – винт M8x50 крепления фланца, 11 шт.; 5 – транец; 6 – обтекатель ступицы ротора; 7 – вал; 8 – водозаборник; 9 – резинометаллический подшипник; 10 – гайка M27x1,5, сталь 20 оцинкованная; 11 – прокладка, паронит  $\delta = 1$  мм; 12 – ротор; 13 – шпонка 8x7x40, сталь 45.

Внутренняя поверхность должна быть чистой и с плавными сопряжениями. Неперпендикулярность плоскости к оси сопла допустима не более 0,1 мм.

Резьбу М6 в ступице (рис. 50) надо сверлить по отверстиям резинометаллического подшипника.

Между фланцем сопла и фланцем водозаборника ставится паронитовая прокладка.

Валопровод и вал водомета показаны на рис. 55.

Рулевая и реверсная системы показаны на рис. 56.

Общий вид движителя представлен на рис. 57.

## **6.2. Водометная установка катера «Зефир»**

Данный водомет (Проект Е. Залевского) был спроектирован для мореходного 6-метрового каютного катера «Зефир» самостоятельной постройки, теоретический чертеж которого приведен на рис. 58.

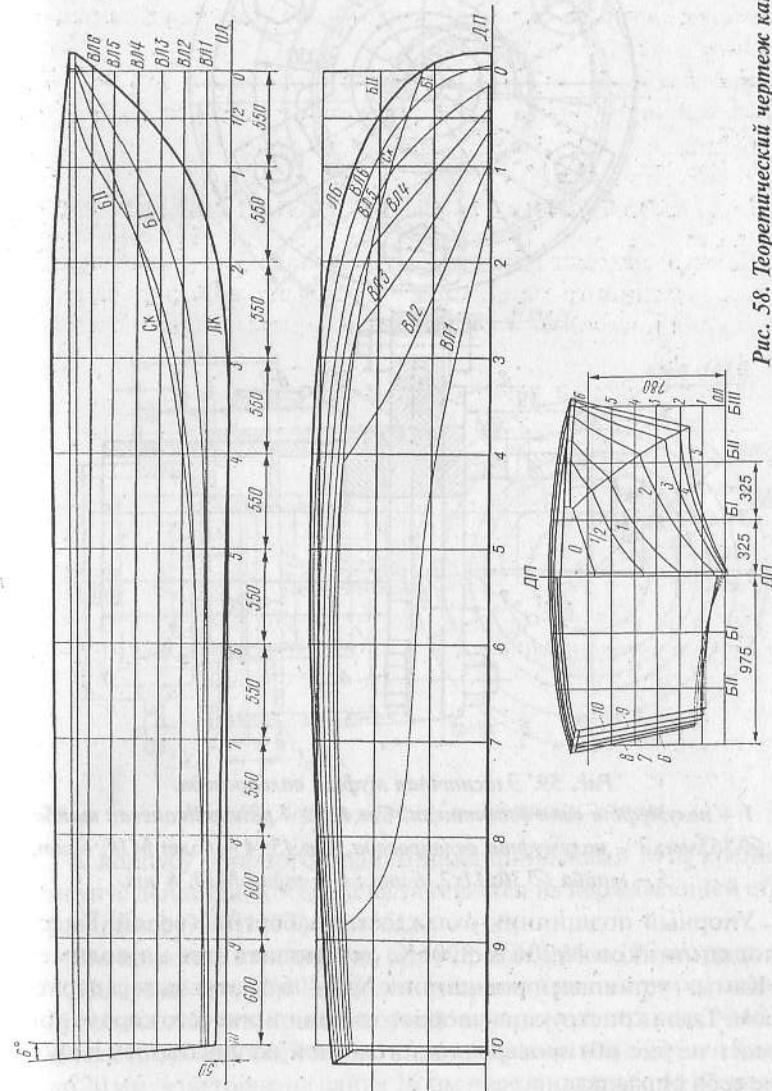
*Основные данные катера «Зефир»:*

Длина наибольшая, м .....	5,90
Ширина наибольшая, м .....	2,10
Высота борта на миделе, м .....	0,885
Водоизмещение порожнем, кг .....	750
Угол килеватости днища на транце .....	6-8°
Двигатель «ГАЗ-21» («Волга»), л.с .....	75
Запас топлива, л .....	200

При разработке движителя за основу был взят водомет катера «Кама» и разъездного катера проекта 336. Для установки изготовленного водомета потребовался моторный отсек, более короткий, чем на «Каме».

Промежуточный вал — от коленчатого вала двигателя до вала движителя изготовлен из укороченного карданного вала автомобиля «Волга» и имеет по концам эластичные муфты. Эластичным звеном служит шайба толщиной около 16 мм, вырезанная из резинотканевой ленты (рис. 59).

Вал движителя крепится в полумуфте штифтом диаметром 8 мм, как и в конструкции водомета «Камы».



*Рис. 58. Теоретический чертеж камера «Зефир».*

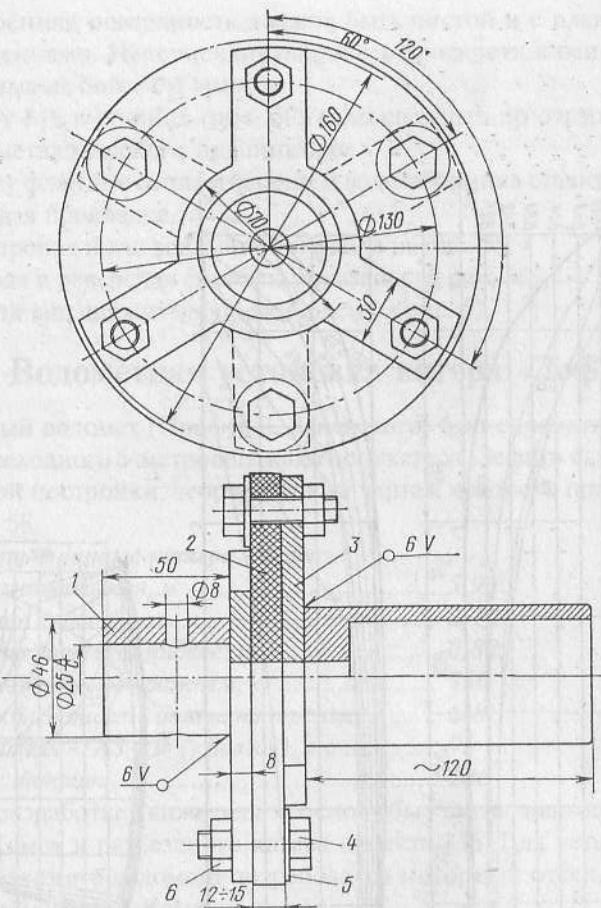


Рис. 59. Эластичная муфта валопровода.

1 – полумуфта вала движителя, Ст.45; 2 – резинотканевая шайба  $\varnothing 165\text{мм}$ ; 3 – полумуфта валопровода, Ст.45; 4 – болт М10, 6 шт.; 5 – шайба  $\varnothing 30 \times 11 \times 2$ , 6 шт.; 6 – гайка М10, 6 шт.

Упорный подшипник охлаждается забортной водой. Вместо подшипников №206 и 8206К, установленных на водомете «Камы», установлен подшипник №46306 с латунным сепаратором. Такая конструкция упорного подшипника (его корпус приведен на рис. 60) проверена многолетней эксплуатацией и вполне себя оправдала.

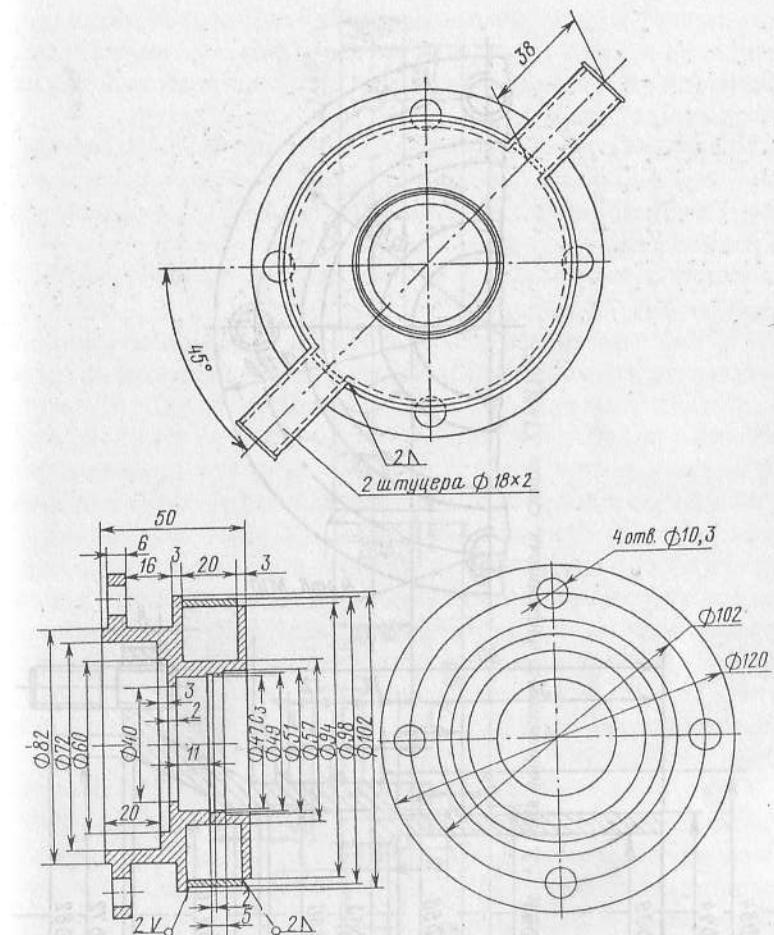


Рис. 60. Корпус упорного подшипника, латунь.

К корпусу упорного подшипника шпильками М10 крепится корпус дейдвуда, который вытачивается из нержавеющей стали (например, X18H10T) (рис. 61).

Вал водомета стал короче, чем у прототипа на 197 мм (рис. 62).

На конце его, обращенном к упорному подшипнику, сделана проточка для установки упорной втулки подшипника №46306. Диаметр противоположного конца вала изменен с 22 (на «Каме») до 20 мм, а на торце на длине 16 мм нарезана резьба М10, на него

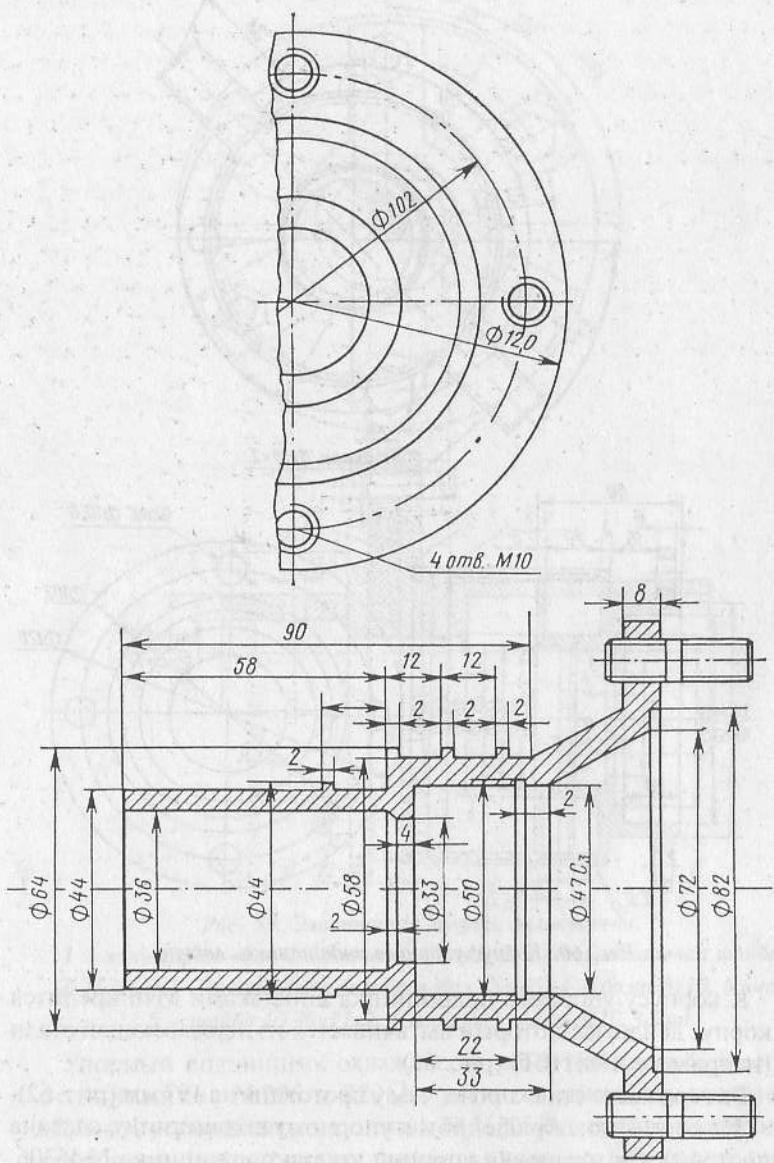


Рис. 61. Корпус дейдвуда, нержавеющая сталь X18Н10Т.

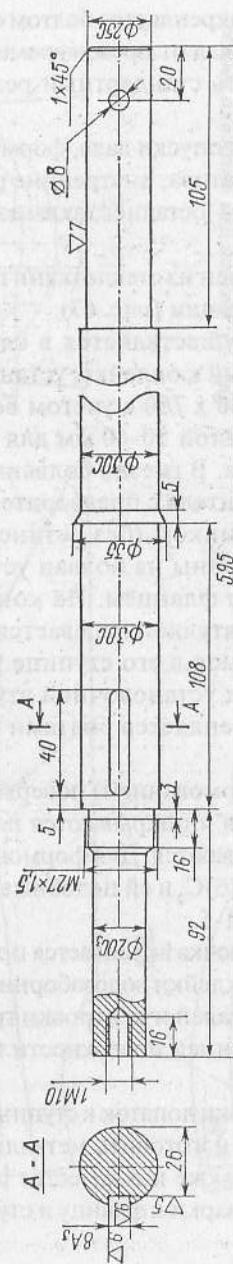


Рис. 62. Вал водометного движителя, сталь Х18Н10Т.

насаживается втулка и закрепляется болтом с шайбой. Такая конструкция предохраняет вал от преждевременного износа и дает возможность применить стандартный резинометаллический подшипник 30x90.

Все другие размеры и допуски вала, формы и размеры обтекателя ступиц ротора и статора, внутренние размеры сопла, профиль и размеры лопаток – остались такими же, как на движителе катера «Кама».

Водозаборник выполнен из стеклоткани по деревянному болвану разборной конструкции (рис. 63).

Сборка оснастки осуществляется в следующем порядке. Болван, приготовленный к оклейке, устанавливается на гладкой доске размером 360 x 750 с учетом возможности отгиба нижних фланцев шириной 50–60 мм для крепления водозаборника к днищу судна. В гнездо болвана по линии разъема укладывается вал движителя с предварительно собранным на нем упорным подшипником (без резиновых сальников). С противоположной стороны на болван устанавливается обечайка водозаборника с фланцем. На конец гребного вала с установленной на нем втулкой надевается спрямляющий аппарат с уже находящимся в его ступице резинометаллическим подшипником или установочной втулкой для центровки вала (позже он закрепляется болтами к фланцу обечайки водозаборника).

Перед выклейкой (формованием) поверхности болвана обрабатываются, шлифуются и покрываются парафином, металлические детали обезжириваются. Для формования можно применять стеклоткань АСТГ(Б)С<sub>2</sub> и ей подобные. В качестве связующего подходит смола ЭД-5.

Комингс смотрового лючка вклеивается при формировании. Данного способа сборки и выклейки водозаборника не требует дополнительной подгонки деталей и центровки гребного вала. Теоретический чертеж внутренней поверхности водозаборника приведен на рис. 64.

Для подгонки и приварки лопаток к ступице и переднему фланцу необходимо заранее изготовить металлический кондуктор, который применяется также и в качестве приспособления для точной установки и приварки к фланцу и ступице спрямляющих лопаток (рис. 65).

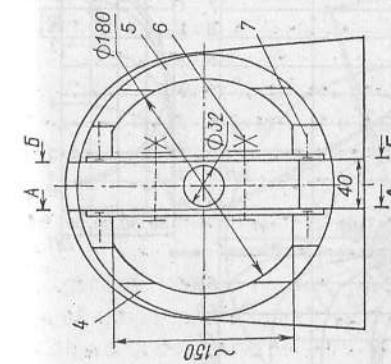
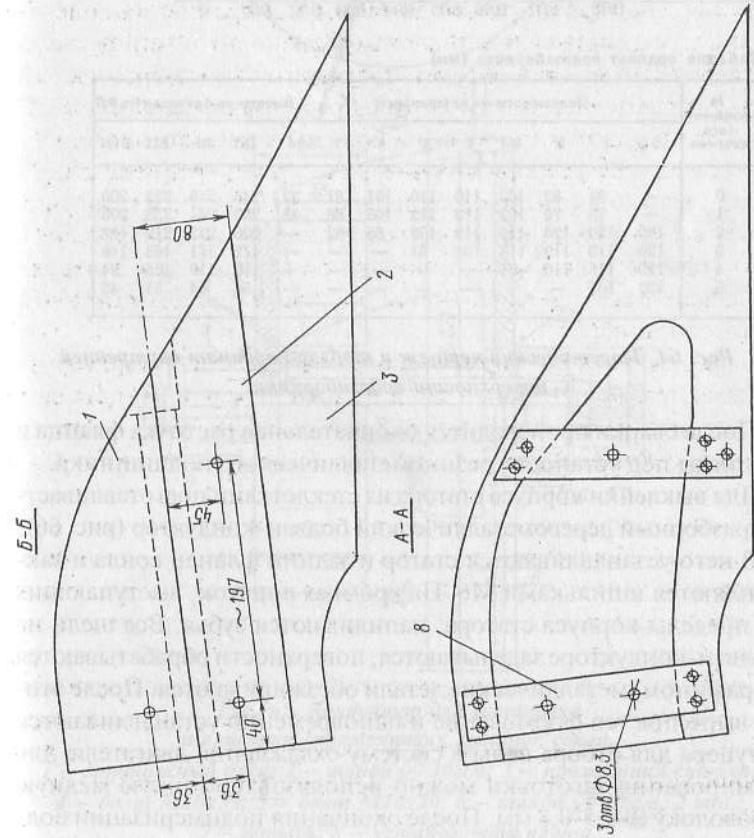


Рис. 63. Болван для выклейки водозаборника.

1 – верхний клин; 2 – средний клин;  
3 – нижний клин; 4 – левая боковина;  
5 – правая боковина; 6 – болты М8,  
3 шт.; 7 – шурупы 4x30, 9 шт.;  
8 – планка, 4 шт.



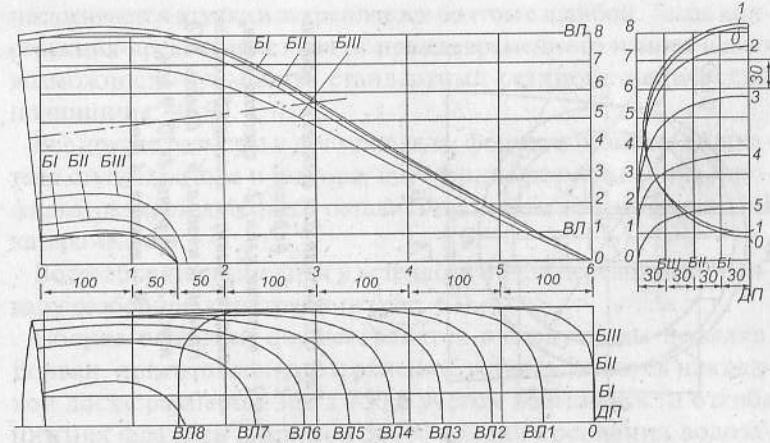


Таблица ординат водозаборника (мм)

№ попереч- ного сечения	Полуширины по ватерлиниям								Высоты по батоксам от ВЛ				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	ДП	БI	БII	БIII
0	—	34	82	102	110	110	101	81	32	246	246	228	200
1	—	13	79	103	113	112	105	86	48	250	241	233	206
2	120	120	120	119	115	108	85	62	—	226	223	212	188
3	120	119	119	116	108	84	—	—	—	172	171	163	146
4	120	116	116	94	—	—	—	—	—	110	110	105	94
5	120	107	—	—	—	—	—	—	54	54	51	42	

Рис. 64. Теоретический чертеж и таблица ординат внутренней поверхности водозаборника.

После сварки производится окончательная расточка фланца и ступицы под установку резинометаллического подшипника.

Для выклейки корпуса статора из стеклоткани подготавливается разборный деревометаллический болван-кондуктор (рис. 66).

В него устанавливаются статор и задний фланец сопла и закрепляются шпильками М6. На кромках лопаток, выступающих за пределы корпуса статора, напиливаются зубья. Все щели на болван-кондукторе задельываются, поверхности обрабатываются парафином, металлические детали обезжи里иваются. После этого выполняется формование и одновременно устанавливаются штуцера для отбора воды в систему охлаждения двигателя, для армирования заготовки можно использовать тонкую медную проволоку  $\varnothing 0,5\text{--}0,8$  мм. После окончания полимеризации бол-

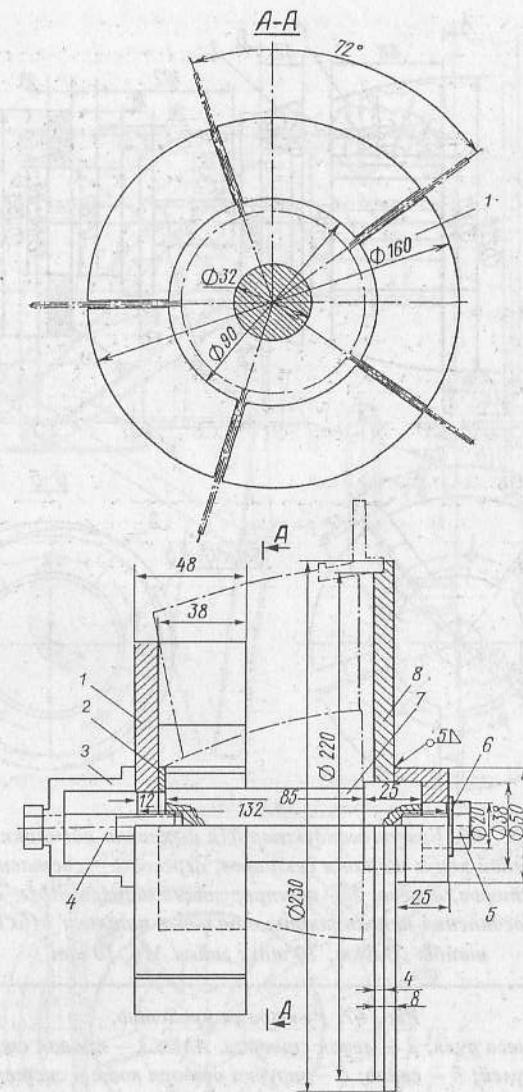


Рис. 65. Кондуктор для установки и приварки прямляющих лопаток сопла.

1 — монтажный диск; 2 — шайба  $\varnothing 30$ мм; 3 — прижимная стойка;  
4 — болт M10x55; 5 — болт M10x20; 6 — шайба  $\varnothing 10$ мм, 2 шт.;  
7 — штырь; 8 — установочная плита.

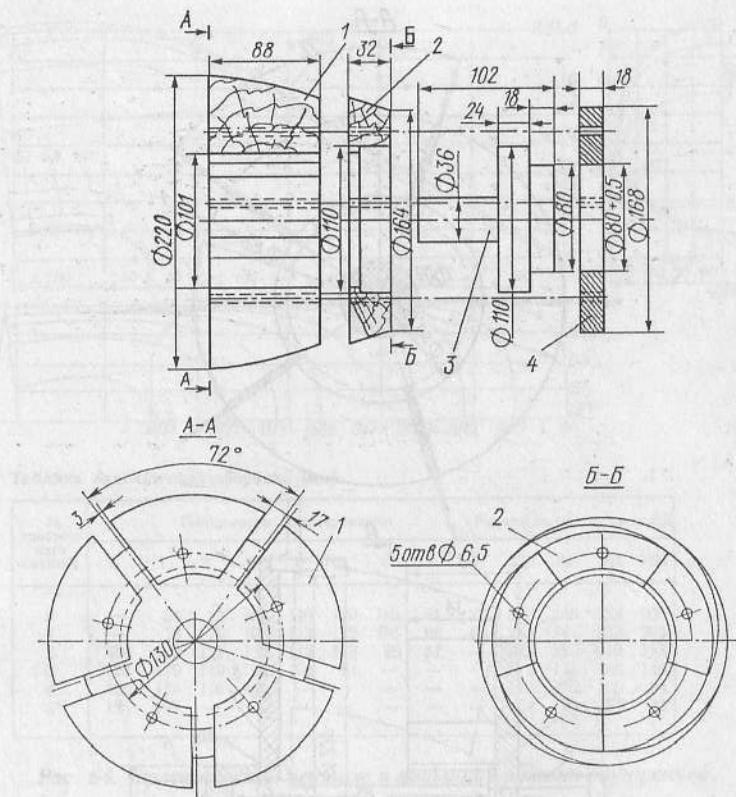
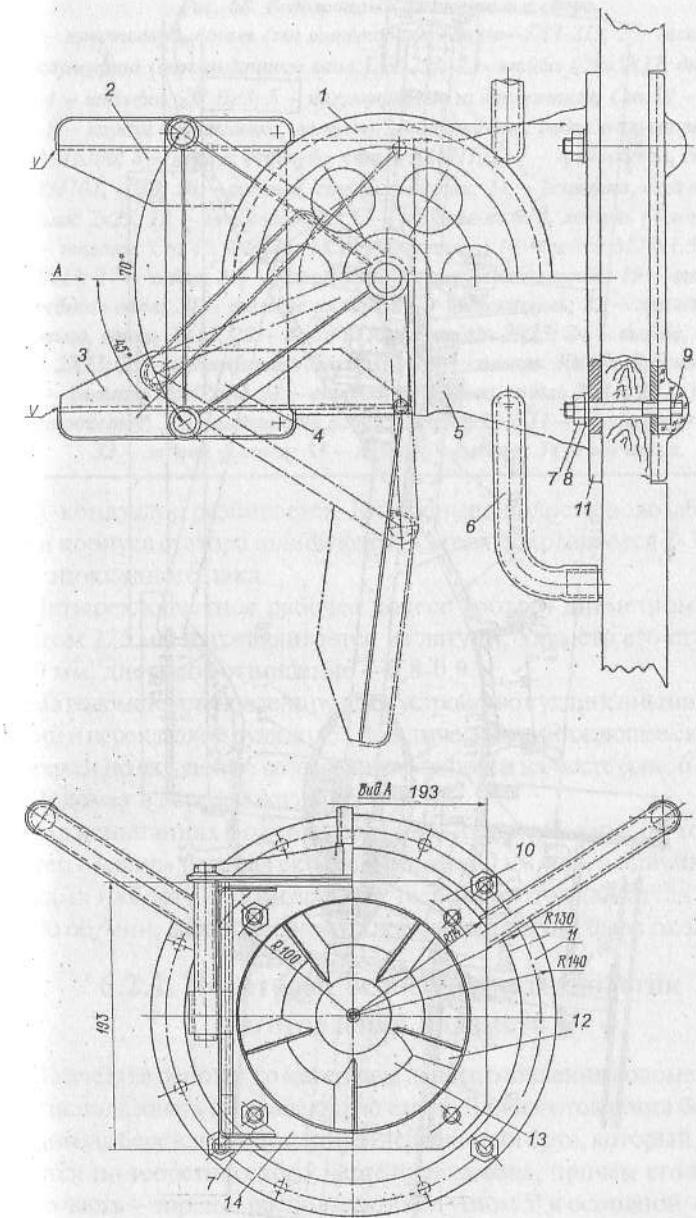


Рис. 66. Болван-кондуктор для выклейки обечайки.  
1 – составной конус из пяти секторов, дерево; 2 – составное кольцо из пяти секторов, дерево; 3 – центрирующий штырь, АМг; 4 – кольцо, АМг. Для соединения использовать: стальные шпильки М6х140, 5 шт.; шайбы  $\varnothing$  6мм, 10 шт.; гайки М6, 10 шт.

Рис. 67. Рулевое устройство.  
1 – колесо руля; 2 – левая створка, АМг; 3 – правая створка;  
4 – тяга рулей; 5 – сопло; 6 – трубка отбора воды в систему охлаждения двигателя, 2 шт.(от автомобиля «Жигули»); 7 – гайка М10, нержавеющая сталь, 12 шт.; 8 – пружинная шайба, 8 шт.; 9 – шпилька М10х80, нержавеющая сталь, 14 шт.; 10 – задний фланец, сталь Х18Н9Т; 11 – передний фланец, сталь Х18Н9Т; 12 – спрямляющая лопатка; 13 – ступица спрямляющего аппарата; 14 – корпус рулевого устройства.



5 Стационарные водометы

Рис. 67. Рулевое устройство.

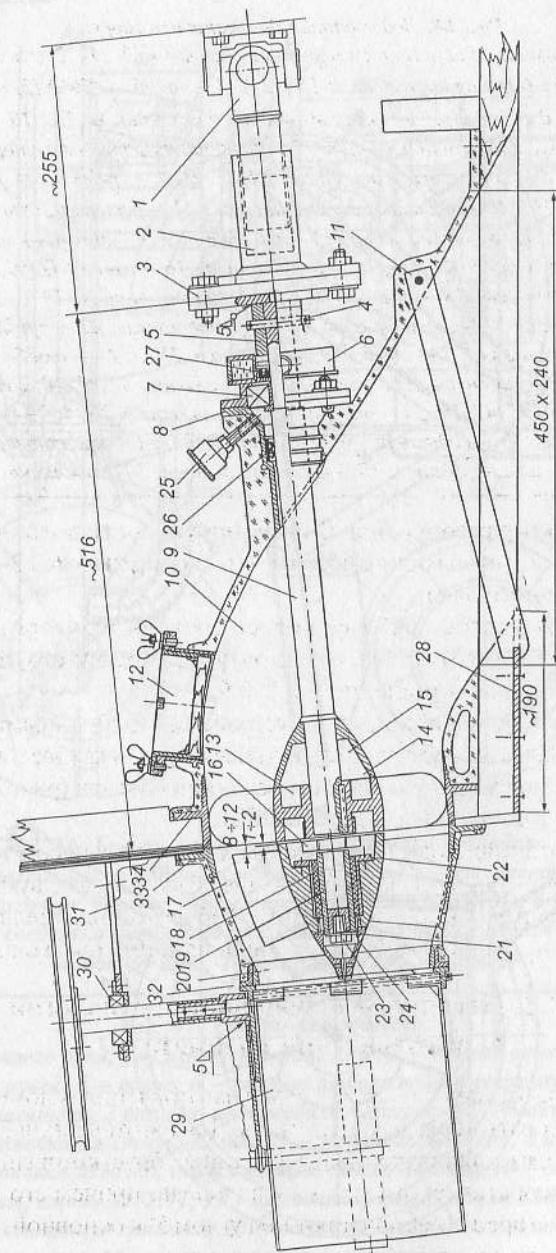


Рис. 68. Водометный движитель в сборе.

Рис. 68. Водометный движитель в сборе.

1 — крестовина, сталь (от автомобиля «Волга» ГАЗ-21); 2 — шлицевая полумуфта (от карданныго вала ГАЗ-21); 3 — шайба Ø165Х12, дюрит; 4 — штифт Ø8 Пр3; 5 — полумуфта вала движителя, Ст.10 — 45; 6 — корпус подшипника, латунь; 7 — подшипник радиально-упорный №46306; 8 — корпус дейдвуда, сталь Х18Н10Т; 9 — гребной вал, сталь Х18Н10Т, Ø30; 10 — водовод, стеклопластик; 11 — решетка, сталь 2Х13, 8 полос 2х25; 12 — люк водовода; 13 — рабочее колесо, латунь (4 лопасти); 14 — шпонка, Ст.45, 8x7x45; 15 — обтекатель; 16 — гайка М27х1,5, сталь 2Х13; 17 — сопло; 18 — резинометаллический подшипник; 19 — втулка гребного вала; 20 — съемное кольцо; 21 — обтекатель; 22 — прижимное кольцо, сталь 2Х13; 23 — болт М10х15, сталь 2Х13; 24 — шайба, сталь 2Х13; 25 — штифтерная масленка; 26 — сальник 30x47x10, 2 шт.; 27 — сальник 25x47x10; 28 — опорная пластина, сталь 2Х13; 29 — рулевое устройство; 30 — подшипник радиальный №204; 31 — кронштейн 8x75; 32 — задний фланец; 33 — передний фланец; 34 — обечайка.

ван-кондуктор разбирается. Внутренние полости водозаборника и корпуса статора шлифуются, а затем покрываются 2-3 слоями эпоксидного лака.

Четырехлопастное рабочее колесо (ротор) диаметром 218 и шагом 225 мм изготавливается из латуни; диаметр его ступицы 100 мм, дисковое отношение — 0,8-0,9.

На водомете установлено рулевое устройство с удлиненными створками и перекладкой руля до 45°, практически не снижающее скорость катера и позволяющее разворачиваться почти на месте (рис. 67).

Водомет в сборе показан на рис. 68.

На испытаниях с одним водителем и полным запасом топлива катер «Зефир» показал скорость свыше 40 км/час, а с двумя человеками на борту — 38 км/час при числе оборотов двигателя 3000—3200 об/мин. Высота волны во время испытаний была около 1 м.

### 6.2.1. Некоторые особенности технологии изготовления водомета.

В качестве основного материала для изготовления водомета лучше использовать нержавеющую сталь. Для изготовления болвана водовода берется просущенный деревянный брус, который размещается по теоретическому чертежу водовода, причем его выходную часть — торец — располагают под углом 5° к основной; контуры днищевого водозаборного отверстия размечают прямо на ос-

новной плоскости. Затем срезают дерево, добиваясь плавных со-пражений — переходов на всем протяжении водовода от наибольшего торцевого сечения к контуру водозаборного отверстия.

На готовом болване пробивают линию диаметральной плоскости. Затем с помощью картона на одной из половин болвана подбирают оптимальное положение заготовок с учетом последующей выколотки деталей. По полученным картонным шаблонам вырезают из листовой стали заготовки. Выколачивают их молотком на металлической тумбе или наковальне, периодически примеряя по болвану. По окончании выколотки подгоняют детали по стыкам и сваривают две отдельные половины водовода. Готовые половины тщательно зачищают изнутри, шлифуют, а затем сваривают вместе по ДП. К полученному водоводу подгоянят (прямо по днищу катера) и приваривают фланец водозаборного отверстия, а также окантовку смотрового лючка.

Обечайку — кольцо, в котором вращается рабочее колесо, изготавливают отдельно. Прежде чем присоединять обечайку к водоводу, делают кондуктор, обеспечивающий точность сборки — соосность обечайки и дейдвудного патрубка и исключающий возможность коробления деталей от нагрева и внутренних напряжений при сварке. Кондуктор представляет собой диск, наружный диаметр которого равен внутреннему диаметру обечайки; во внутреннее отверстие диска вставляется валик, длина которого равна длине гребного вала. Толщина диска кондуктора берется больше толщины обечайки с расчетом крепления на ней торца водовода при сварке. Базовые поверхности кондуктора обрабатываются в станке с одной установки.

На кондуктор последовательно надеваются обечайка, водовод и на конец вала — дейдвудный патрубок. Обечайка вставляется в транцевый фланец и приваривается, после чего приобретает нужную жесткость. Затем она растачивается начисто вкруговую на токарном станке и сверлятся отверстия во фланце.

Для изготовления рабочего колеса желательно изготовить универсальное приспособление. По шаговому угольнику при помощи траверзы нужно отформовать из густого раствора песка и цемента (1:1) винтовую горку. После частичного схватывания раствора рабочую поверхность горки зачистить и форме придать литейные уклоны. После затвердевания получается литейная модель, по которой из алюминиевого расплава отливается винтовая горка.

Болтами горка крепится к диску, в центре которого вертикально закреплена ось с диаметром, соответствующим внутреннему диаметру ступицы ротора. На эту ось насаживают кронштейн-траверзу.

Заготовка лопасти, вырезанная из нержавеющей стали толщиной 5 мм и уже имеющая заданный гидродинамический профиль, крепится съемной струбциной, нагревается и ударами медного полукруглого молотка изгибаются по горке. После этого лопасти шлифуются, покрываются меловым раствором для защиты поверхности от капель расплавленного металла) и здесь же на приспособлении привариваются к ступице, надетой на ось. Затем ротор по наружному диаметру протачивается на токарном станке, балансируется и окончательно шлифуется.

Следует отметить, что приданье лопастям ротора абсолютно одинаковых очертаний и особенно профиля — дело достаточно непростое и трудоемкое. Наибольшие трудности возникают при изготовлении нечетного числа лопастей. Ниже приводится способ, предложенный Н. Родионовым, значительно упрощающий технологию изготовления лопастей для пятилопастного сварного ротора.

Способ основан на одновременной обработке пяти заготовок в специальном приспособлении (рис. 69).

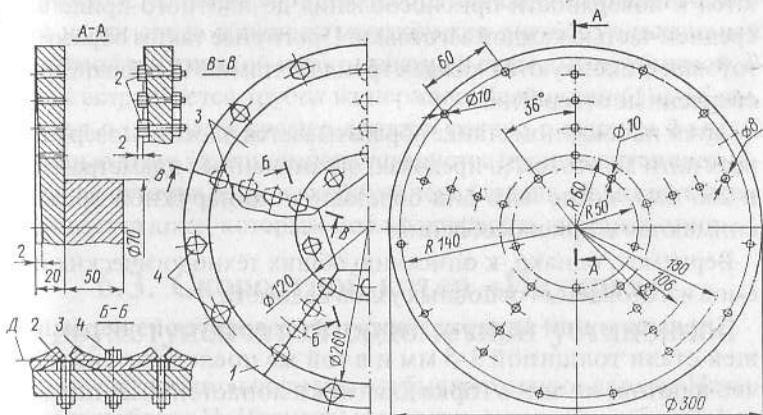


Рис. 69. Общий вид приспособления.

1 — шайба; 2 — опорный болт; 3 — заготовка лопасти;  
4 — прижимной болт;  $D$  — плоскость пропточки лопастей.

Несложное в изготовлении приспособление — шайба из стали или чугуна — обрабатывается на токарном станке с целью устранения торцевого и радиального биения и получения конического углубления на рабочей поверхности. После этого в шайбе просверливаются свободные отверстия  $\varnothing 10$  мм для крепежных болтов M8 и устанавливаются (по пяти радиусам) 20 намертво закрепляемых болтов M8, которые будут служить опорами кромок лопастей. Головки опорных болтов подрезаются таким образом, чтобы их обработанная поверхность выступала на 2 мм над наружной кромкой диска.

На токарном станке обрабатывается диск из нержавеющей стали, из которого будут вырезаны пять секторов — заготовок лопастей. Диск берется диаметром 300 мм и толщиной 6 мм. Обрабатывается одна его плоскость (это будет выпуклая сторона лопастей). Затем в диске высверливаются отверстия диаметром 10 мм, которые должны совпадать со свободными отверстиями, имеющимися в шайбе. Диск распускается на пять одинаковых частей — заготовок. Центральные углы заготовок обрезаются на 45 мм (по биссектрисе).

Заготовки лопастей устанавливают обработанной поверхностью к шайбе, опирая кромками на радиально расположенные опорные болты M8. Уложенные заготовки лопастей поджимаются к поверхности приспособления до плотного прилегания средней частью каждой заготовки. Прогнутые таким образом заготовки фиксируются каждая тремя болтами M8 в заранее просверленные отверстия.

Затем на токарном станке обрабатывается плоская поверхность всех пяти заготовок (в пределах, ограниченных диаметрами 120 и 260 мм), после чего они обрезаются по наружной кромке и снимаются с приспособления.

Вернемся, однако, к описанию общих технологических приемов изготовления основных узлов водомета.

Спрямляющий аппарат также изготавливается из нержавеющей стали толщиной 3–5 мм и в той же последовательности, что и ротор, но здесь горка для гибки лопастей имеет не винтовую поверхность, а форму заданного радиуса. На специально изготовленную ось надевается ступица спрямляющего аппарата, на фланце размечаются места притыкания лопасток. Горка устанавливается вертикально, поверхности свари-

ваемых деталей покрываются меловым раствором и лопасти привариваются к ступице.

Спрямляющий аппарат предпочтительно сделать съемным. У входных кромок лопаток по наружному диаметру приваривается кольцо, с помощью которого аппарат, вставляемый в дюралюминиевое сопло,очно соединяется с ним. Изготовление съемного аппарата, разумеется, сложнее, чем неразъемного, так как требует тщательной подгонки с учетом необходимого натяга, но зато узел водомета оказывается более доступным для ремонта.

Сопло может быть или изготовлено из нержавеющей стали толщиной 2–3 мм методом выколотки и сварки на форме или отлито из дюралюминия. На выходе из сопла необходимо предусмотреть возможность смены колец, с помощью которых подбирается оптимальный режим работы движителя.

В качестве опорных подшипников вала в ступице спрямляющего аппарата обычно применяют шариковые подшипники №205 или №206 с защитой от попадания влаги резинометаллическими сальниками. Смазка подшипника осуществляется через отверстие  $\varnothing 4$  мм в лопатке спрямляющего аппарата, имеющей толщину 6 мм. При использовании гребного вала со сверлением на всю длину смазка может производиться одновременно с дейдвудными подшипниками (например, №8206).

Для удобства осмотра ротора и спрямляющего аппарата в верхней части свода водовода монтируется лючок, уплотняемый резиновой прокладкой и закрепляемый съемной струбциной. В лючок встраивается трубка из нержавеющей стали  $\varnothing 12\text{--}14$  мм, которая подходит к кромке лопасти ротора с зазором 2 мм. С помощью этого эжекционного устройства производится автоматическая откачка воды из корпуса через шланг. На шланге устанавливается кран, которым можно управлять дистанционно.

### 6.3. Скоростной катер «Изумруд» с двухступенчатой водометной установкой

Корпус относительно легкого и быстроходного катера «Изумруд» (разработка Н. Иванова) имеет глиссирующие обводы. Килеватость на миделе  $5,8^\circ$ , на транце  $2,2^\circ$ , скула отогнута вниз. Для смягчения удара о волну носовым шпангоутам приданы изогнуто-выпуклые образования со значительной килеватостью. Имея

большой развал бортов, катер, не зарываясь всходит на волну и может при этом поддерживать скорость до 25-30 км/час.

Наибольшая скорость, достигнутая на максимально облегченном катере с одним водителем на борту — 61 км/час. На скорости 50 км/час радиус поворота катера в полном грузу — 2,5 длины корпуса; на скорости 37 км/час он разворачивается практически на пятке.

#### Основные данные катера.

Длина наибольшая, м ..... 4,80

Ширина наибольшая, м ..... 1,65

Высота борта, м

в носу ..... 0,75

на миделе ..... 0,69

на транце ..... 0,62

Полное водоизмещение, кг ..... 760

Двигатель ..... «М-21А»

Двигатель ..... двухступенчатый  
водометный.

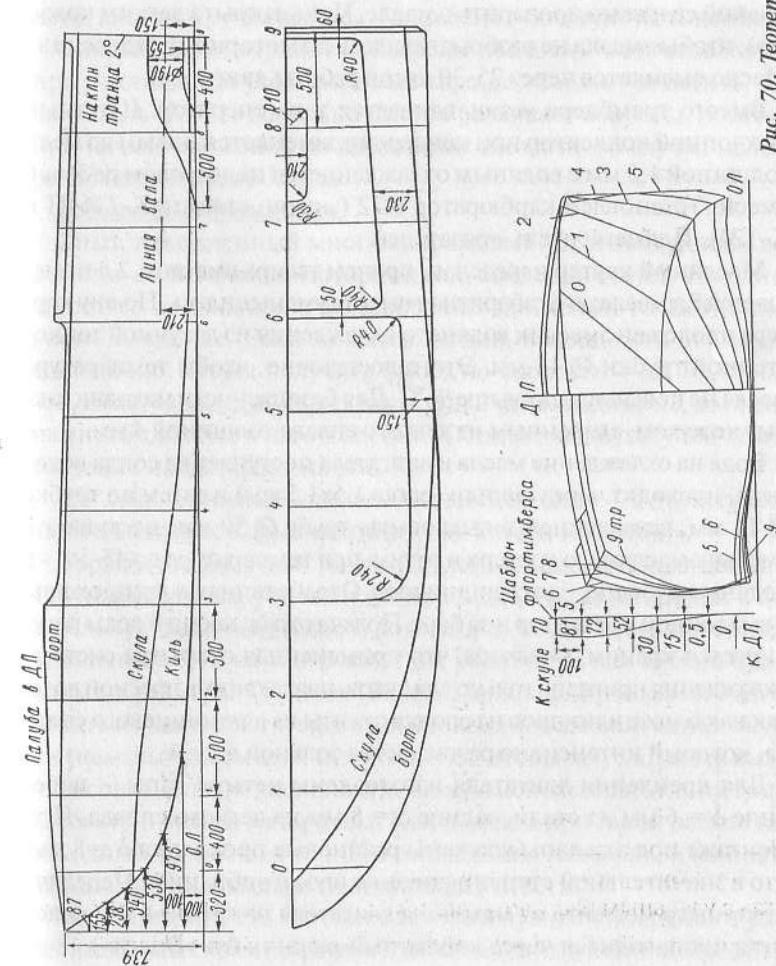
Ниже приведены теоретический чертеж катера (рис. 70) и таблицы плазовых ординат.

Таблица 5.  
Плазовые ординаты катера «Изумруд».

№ шп.	Высоты от основной, мм				Полушироты от ДП, мм		Погибь топливных баков, мм
	Киль	Скула	Борт	Палуба в ДП	Скула	Борт	
0	310	360	738	770	65	400	0
1	145	342	746	809	340	614	0
2	73	285	737	821	569	741	0
3	42	212	724	822	687	782	10
4	20	138	702	—	744	790	20
5	10	86	685	—	765	768	35
6	0	54	667	750	770	734	49
7	0	37	650	0	766	700	62
8	0	30	630	703	760	670	76
9	0	30	614	679	750	638	90

На «Изумруде» установлен двигатель «М-21А» от автомобиля «Волга» с удельным расходом топлива 230 г/л.с. час. На глиссирующем режиме с него снимается мощность 60 л.с. при 3200 об/мин. На

Рис. 70. Теоретический чертеж катера.



крейсерском желательно использовать 42-45 л.с. при 2300-2400 об/мин. Такой мощности достаточно для получения скорости 37-40 км/час, а моторесурс при этом составит более 800 часов.

После выполненной конверсии двигатель весит около 112 кг. Для этого снимают батарейное зажигание, стартер, сцепление, картер маховика, венец маховика и водопомпу. Устанавливается четырехискровое магнито с цепным приводом, цепь Галля для которого берется от велосипеда. При правильных центровке и натяге цепь хорошо работает даже при 3300 об/мин. Перед установкой ее нужно проварить в масле. Цепь закрыта легким кожухом, чтобы смазка не разбрызгивалась по моторному отделению. Масло сменяется через 25-30 часов работы двигателя.

Вместо трамблера устанавливается тахогенератор. Штатный выхлопной коллектор при конверсии заменяется новым из меди толщиной 1,5 мм с водяным охлаждением и подогревом рабочей смеси. Установлен карбюратор К22 (можно ставить К-126-П и К-124). Пламегаситель обязателен.

Масляный картер переделан, причем теперь вместо 6,2 л помещается 8 л масла; его габаритная высота уменьшилась. По дну картера проложен змеевик водяного охлаждения из латунной тонкостенной трубы Ø 14 мм. Этого достаточно, чтобы температура масла не повышалась выше 96°C. Для безопасности маховик закрыт кожухом, сваренным из легкого сплава толщиной 4 мм.

Вода на охлаждение масла и двигателя поступает из сопла водомета, проходит через фильтр (сетка 1,5x1,5 мм) и затем по трубке Ø 14 мм, вставленной в выхлопную трубу Ø 50 мм, поступает в змеевик масляного картера и оттуда при температуре до 45-50° - в водяную рубашку блока цилиндров. Отработанная вода проходит в выхлопной коллектор и за борт. Подача охлаждающей воды регулируется краном. Отметим, что примененная открытая система охлаждения пригодна только для судов, плавающих в пресной воде, так как блок цилиндров и головка отлиты из алюминиевого сплава, который интенсивно разрушается соленой водой.

Для крепления двигателя изготовлены четыре лапы - передние  $\delta = 6$  мм из стали, задние  $\delta = 8$  мм из легкого сплава. При монтаже под эти лапы уложены резиновые прокладки  $\delta = 8$  мм, что в значительной степени снизило шум и вибрацию. Передача крутящего момента от маховика двигателя на гребной вал водомета производится через карданный шарнир (от «Волги»).

Подключены тахометр и эфирные датчики авиационного типа, показывающие температуру воды в двигателе, масла в картере и давление в масляной магистрали; установка этих приборов обязательна.

Плавающий маслоприемник пришлось переделать на жесткий с сохранением площади забора масла. Для питания световых сигналов подключен генератор (можно использовать от тяжелого мотоцикла).

Управление двигателем - тяга дросселя, замыкающая цепь магнето, кнопка и ручка реверса - выведено в носовую часть кокпита.

Описываемый вариант конверсии несложен в изготовлении, при надлежащем уходе работает хорошо. Следует отметить, что двигатель «М-21» довольно быстро развивает обороты, поэтому при начале движения во избежание несчастного случая нельзя резко открывать дроссель.

#### Водометный движитель.

Опыт, накопленный многими фирмами, производящими водометы, а также водномоторниками, свидетельствует, что двухступенчатые движители целесообразно применять только до скорости 50 км/час. Если же катер легкий, а мощности двигателя достаточно, чтобы получить высокую скорость - до 70-80 км/час, желательно применять двухступенчатые водометы, хотя они намного сложнее в изготовлении. Общий вид двухступенчатого водомета представлен на рис. 71.

Для сравнения ниже приведены данные одно - и двухступенчатого водометов, рассчитанных для катера «Изумруд».

Первым этапом работ по изготовлению водомета является вычерчивание на картоне или фанере водометной установки в натуральную величину (своего рода разрез по ДП всего моторного отделения). Это намного облегчит работу, так как можно будет снимать размеры. Пуансон (болван) водовода проще всего изготовить из пенопласта, склеивая эпоксидной смолой мелкие куски (намазывать смолой нужно слегка, чтобы не усложнять выем пуансона). Если нет пенопласта, можно использовать глину, гипс, алебастр и другие материалы. Как и всегда при такой работе необходимо добиваться точного соблюдения размеров, плавности обводов и максимально гладкой поверхности.

По общепринятой методике готовый пуансон покрывают разделительным слоем (парафин или разведенный в скрипиде воск)

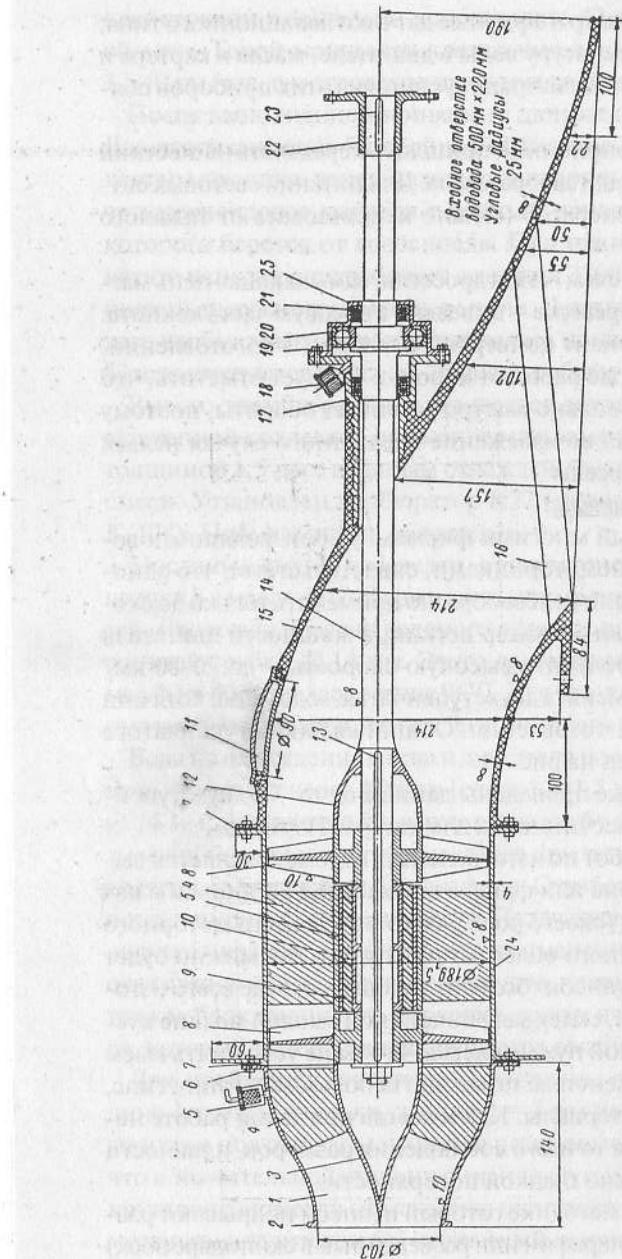


Рис. 71. Водометный движитель.

1 – сопло; 2 – фланец гидрореверса; 3 – обтекатель; 4 – лопатки спрямляющих аппаратов; 5 – водяной фильтр; 6 – болт М8; 7 – резиновая прокладка  $\delta = 2$ ; 8 – роторы; 9 – резинометаллический подшипник 107x65x45; 10 – бронзовая втулка; 11 – смоловая втулка; 12 – обтекатель; 13 – резинометаллический подшипник 107x65x45; 14 – гребной вал; 15 – водобой; 16 – защелтная решетка; 17 – дейдвудный стакан; 18 – масленка; 19 – болт М8; 20 – подшипник радиально-упорный № 36308; 21 – резинометаллические сальники 52, 1x30x8; 22 – полумуфта; 23 – шпонка 48x86; 24 – труба со спрямляющим аппаратом; 25 – корпус упорного подшипника.

и декоративным слоем толщиной не менее 0,3–0,5 мм (введя в смолу двуокись титана, окись хрома или алюминиевую пудру). Пигментированный слой сохраняет глянцевую поверхность водовода и предохраняет от расслаивания, – скорость воды в водоводе настолько велика, что иначе может произойти задир первого слоя, а за ним второго и т.д.

Выклеивание (формование) лучше производить на смоле ПН-3, но можно применять и ПН-1, и эпоксидную смолу. Надо учесть, что к водоводу приформовывается дейдвуд гребного вала, в котором работает радиально-упорный подшипник и пять сальников, а при длительной работе дейдвуд нагревается примерно до  $70^\circ$ . Хотя большая часть тепла уносится водой и отводится

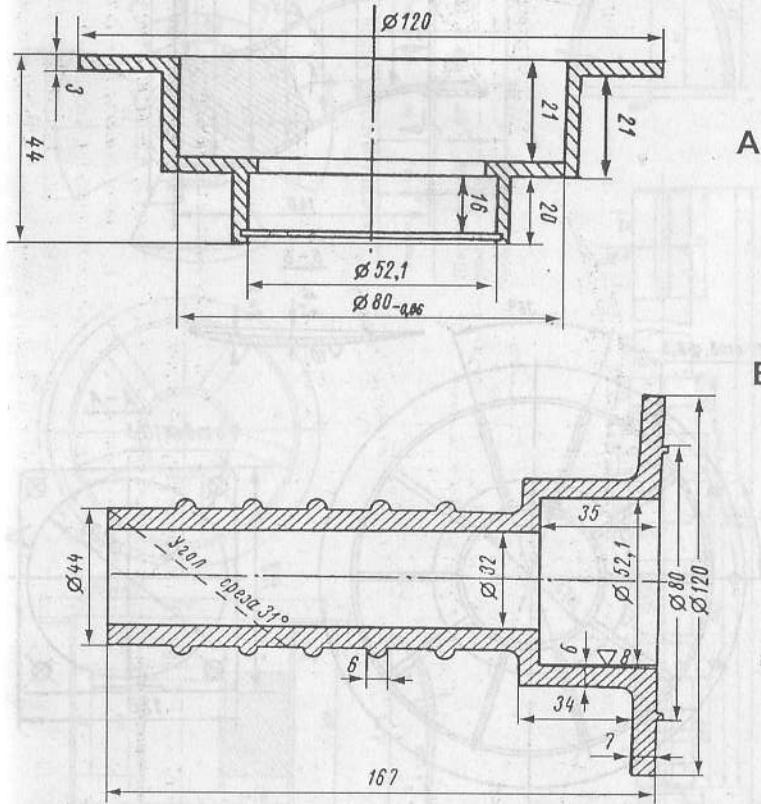


Рис. 72. Корпус упорного подшипника (А) и дейдвудный стакан (Б).

гребным валом, важно обеспечить термостойкость стеклопластика. Смола НП-3 наиболее термостойкая.

Как отмечалось выше, всю работу, связанную с формованием, надо производить тщательно, не допуская образования

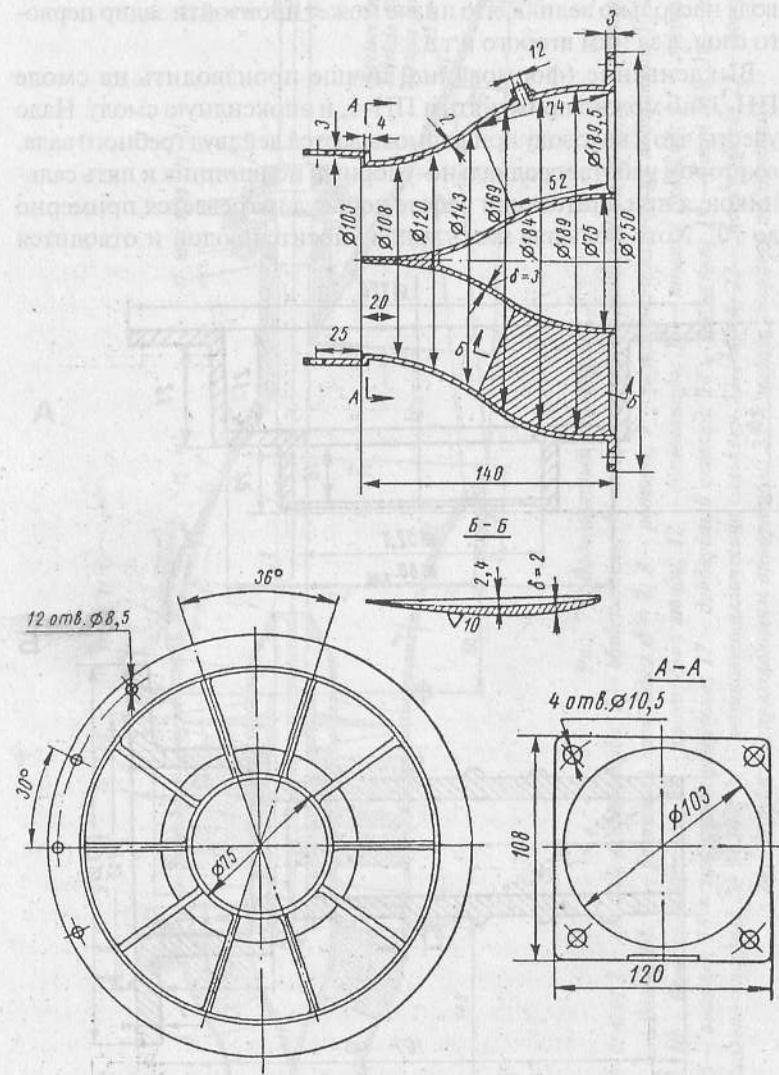
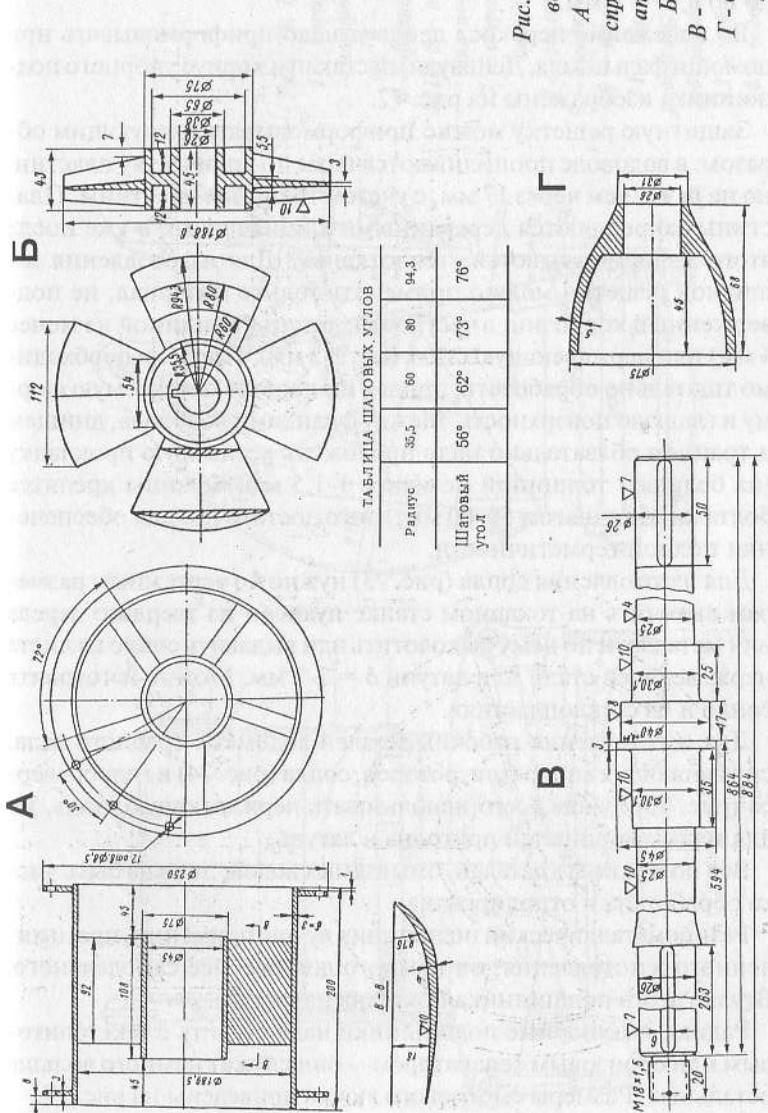


Рис. 73. Сопло

Рис. 74. Детали водолета.  
А - труба со спрямляющим аппаратом,  
Б - ротор,  
В - гребной вал,  
Г - объемехатель носовой.



воздушных пузырей, в теплом помещении с минимальной влажностью воздуха. Толщина стенок водовода в зависимости от мощности двигателя может колебаться в следующих пределах: при мощности до 20 л. с. — 4 мм; до 40 л. с. — 6 мм; до 60 л. с. — 8 мм.

Во избежание перекоса дейдвуд надо приформовывать при помощи фальшвала. Дейдвудный стакан и корпус упорного подшипника изображены на рис. 72.

Защитную решетку можно приформовывать следующим образом: в водоводе пропиливаются пазы по количеству пластин, но не реже, чем через 17 мм, с учетом толщины пластины. Пластины закрепляются деревянными клиньяшками, а уже после этого заформовываются стеклотканью. Для изготовления защитной решетки можно применять только материал, не подверженный коррозии, в частности, латунь (толщиной не менее 4 мм) или нержавеющую сталь ( $d = 2-3$  мм). Полоски необходимо тщательно обработать, придав им хорошо обтекаемую форму и гладкую поверхность. Между фланцами водовода, днищем и транцем обязательно надо проложить резиновую прокладку (на белилах) толщиной не менее 1-1,5 мм. Фланцы крепятся болтами М6 с шагом 50-60 мм; этого достаточно для обеспечения полной герметичности.

Для изготовления сопла (рис. 73) нужно по чертежным размерам выточить на токарном станке пuhanсон из твердого дерева или металла, и по нему выколотить или выдавить сопло из листа нержавеющей стали или латуни  $\delta = 2-3$  мм. Можно изготовить сопло и из стеклопластика.

Для изготовления рабочих деталей водомета: гребного вала, спрямляющих аппаратов, роторов, сопла (рис. 74) и гидрореверса (рис. 75) лучше всего использовать нержавеющую сталь, но для малых мощностей пригодна и латунь.

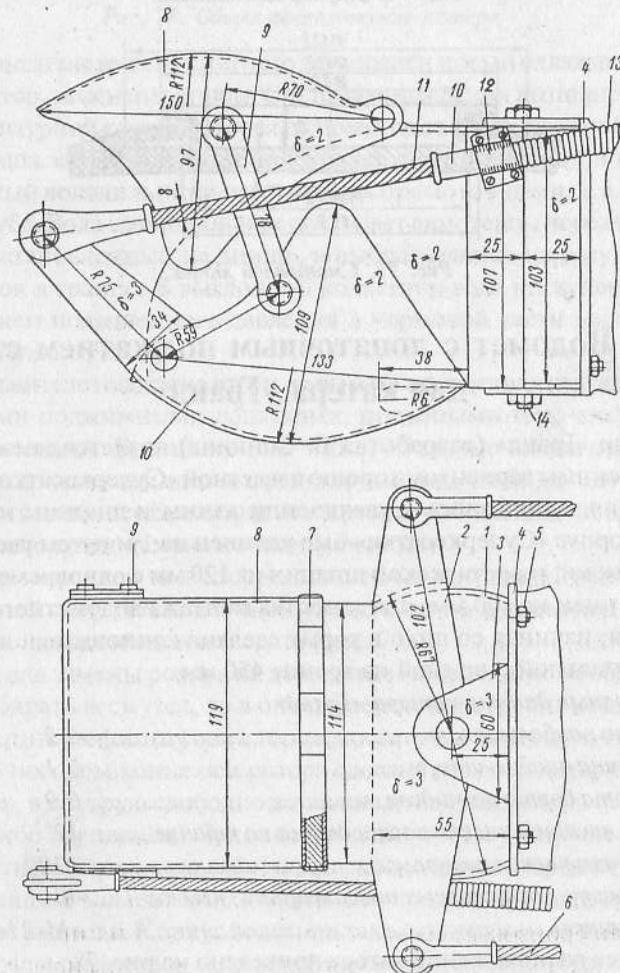
Вся поверхность деталей, омываемых водой, должна быть чисто обработана и отполирована.

Резинометаллический подшипник лучше применить промышленного изготовления, он намного долговечнее самодельного. Втулка этого подшипника показана на рис. 76.

Радиально-упорные подшипники надо ставить с текстолитовым или бронзовым сепаратором — они служат намного дольше остальных. Размеры смотрового лючка приведены на рис. 77.

*Puc. 75. Гидропесец.*

- 1 – корпус реверса;
  - 2 – поворотная пасад-  
ка; 3 – насадка;
  - 4 – фланец; 5 – болт  
М10; 6 – трос управле-  
ния поворотом;
  - 7 – шарнир заслонки  
заднего хода;
  - 8 – заслонка верхняя;
  - 9 – соединение заслонок;
  - 10 – заслонка нижняя;
  - 11 – трос управления  
реверсом; 12 – крепление
  - глубокой оболочки трости;
  - 13 – глубокая оболочка;
  - 14 – осевой болт М12.



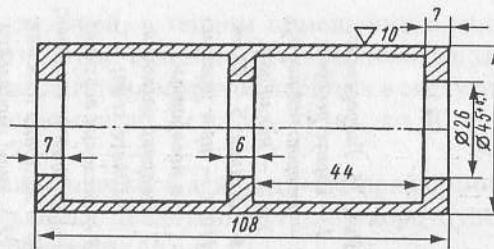


Рис. 76. Втулка подшипника.

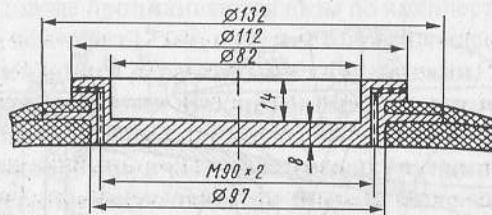


Рис. 77. Смотровой лючок.

#### 6.4. Водомет с лопаточным поджатием струи для катера «Гранд»

Катер «Гранд» (разработка В. Сонкина) является несколько измененным вариантом хорошо известной «Суперкосатки». Изменения заключались в увеличении длины и ширины катера. Так, корпус «Суперкосатки» был удлинен на 1 м путем увеличения каждой теоретической шпации на 120 мм с одновременным уширением на 100 мм. Для удобства монтажа водометного двигателя, начиная со шп.6 в корму сделана клиновидная лыжа с максимальной шириной на транце 450 мм.

##### Основные данные катера «Гранд»

Длина наибольшая, м .....	6,2
Ширина наибольшая, м .....	2,1
Высота борта на миделе, м .....	0,9
Угол внешней килеватости днища на транце .....	17°
Водоизмещение полное, кг .....	1200
Скорость хода с тремя пассажирами, км/час .....	40
Двигатель .....	«М-21»

Общее расположение катера приведено на рис. 78.

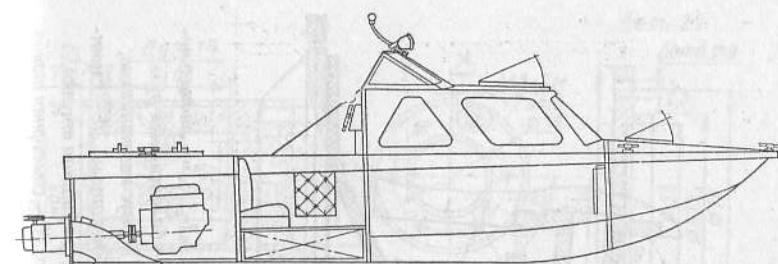


Рис. 78. Общее расположение катера

На двигателе вместо штатного установлен новый охлаждаемый коллектор, заменены опоры. Система охлаждения выполнена по двухконтурной схеме, которая отличается от традиционной тем, что помпа забортной воды отсутствует, а водо-водянной и водо-масляный холодильники изготовлены прямоточными, т. е. в одной трубе. Вода в холодильник поступает самотеком через кингстон, установленный на днище, и выбрасывается наружу через патрубок в транце. В выхлопной коллектор вода поступает под действием повышенного давления в кормовой части водовода движителя.

В движителе поджатие струи на выходе осуществляется клиновидными поджимными лопатками, подобными тем, что были предложены А. Братишко (см. ниже). Отличие заключается в том, что лопатки эти сделаны регулируемыми, чтобы проще было выбирать наиболее благоприятный режим работы движителя, добиваясь получения максимальной скорости.

Ротор закреплен не непосредственно на валу движителя, а на отдельной оси, установленной консольно на шарикоподшипниках в спрямляющем аппарате (рис. 79).

Если для замены ротора на движителе А. Братишко необходимо разбирать весь узел, то в описываемой конструкции, где ротор крепится к фланцу оси с торца, достаточно отвернуть 4 болта М10. В носовом конце оси ротора сделана полость квадратного сечения, в которую свободно вставляется вал движителя (без какого-либо крепления). Такое соединение создает наиболее благоприятные условия для работы вала, поскольку он передает только крутящий момент и не испытывает продольной нагрузки от упора движителя. Корпус водомета также разгружен от радиальных и осевых нагрузок — их воспринимает транец катера.

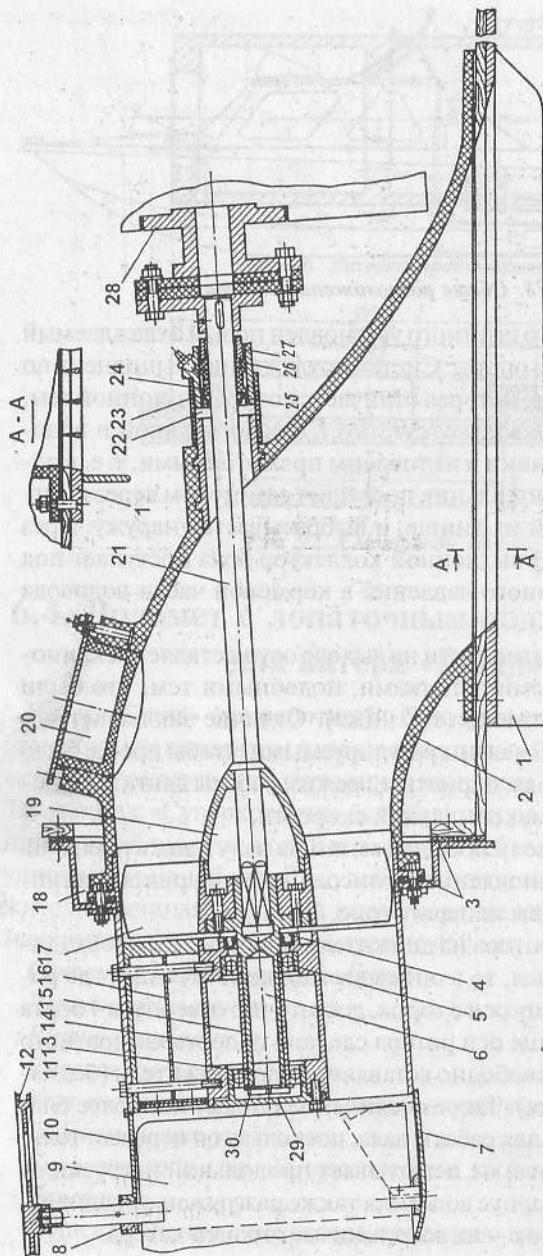


Рис. 79. Продольный разрез водомета.  
 1 – защитная решетка; 2 – водовод, стеклопластик; 3 – прокладка, резина  $\delta = 3$ ; 4 – манжета I-1-35; 5 – радиально-упорный подшипник №336206; 6 – ось ротора; 7 – ось ротора; 8 – втулка заслонки; 9 – балансирный руль; 10 – колпук соли; 11 – цилиндрическое соленоид; 12 – руевой чехол; 13 – специальный болт; 14 – корпус подшипников; 15 – распорная втулка; 16 – поджимная лопатка; 17 – ротор; 18 – переходной патрубок; 19 – обтекатель; 20 – смотровой лючок; 21 – вал движителя; 22 – вал движителя; 23 – корпус стальника; 24 – фронтон-графитная втулка; 25 – манжета I-1-22; 26 – стальниковая набивка; 27 – грунтовка; 28 – крышка; 30 – стопорная шайба.

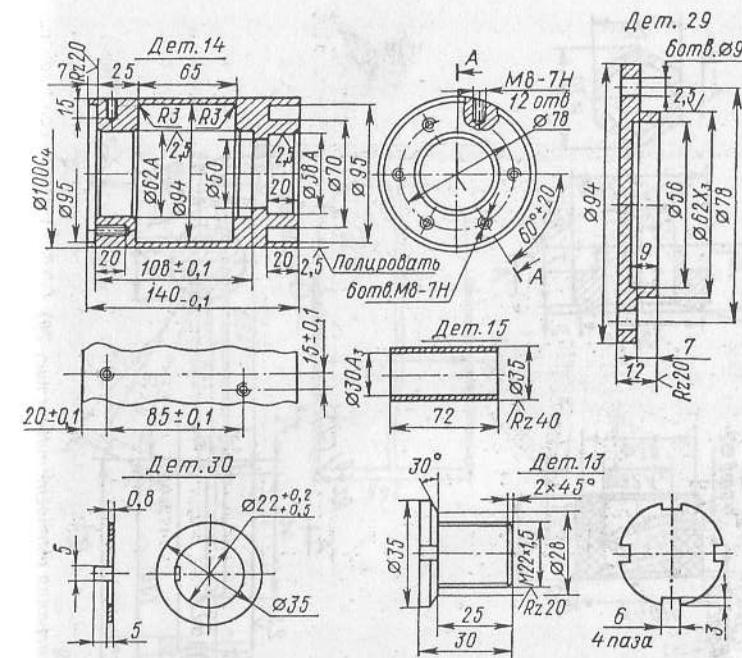


Рис. 80. Детали движителя  
 (нумерация позиций соответствует рис. 79).

Чем короче водовод, тем меньше потери на трение. При проектировании водовода за основу была взята конструкция укороченного водозаборника водомета фирмы «Гамильтон» (см. выше). Кормовой конец водовода крепится не непосредственно к транцу, а к патрубку. Благодаря такому решению упрощается монтаж установки. Сначала фланец водовода крепится к патрубку, затем патрубок поджимается к транцу, уже после этого в днище корпуса катера и фланцах водовода сверлятся (через отверстия в защитной решетке) отверстия под крепежные болты. Надо добавить, что внизу фланец патрубка выступает на 8–10 мм ниже днища; это способствует увеличению скорости.

Задняя решетка в данной конструкции расположена параллельно днищу и заподлицо с ним. В этом случае решетка оказывается расположенной в зоне с минимальными скоростями потока, сопротивление ее будет наименьшим. Защитные функции также выполняются ею наилучшим образом. Кроме того, защитная ре-

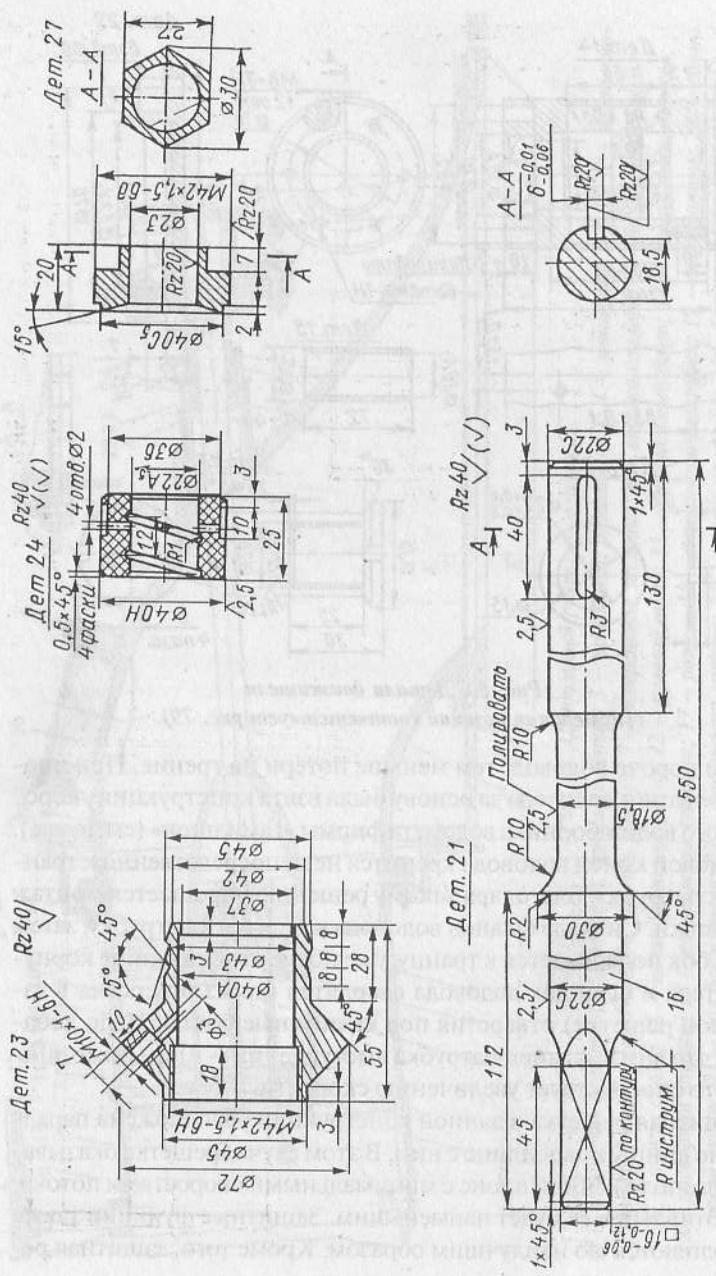


Рис. 81. Детали водомета (нумерация соответствует рис. 79).

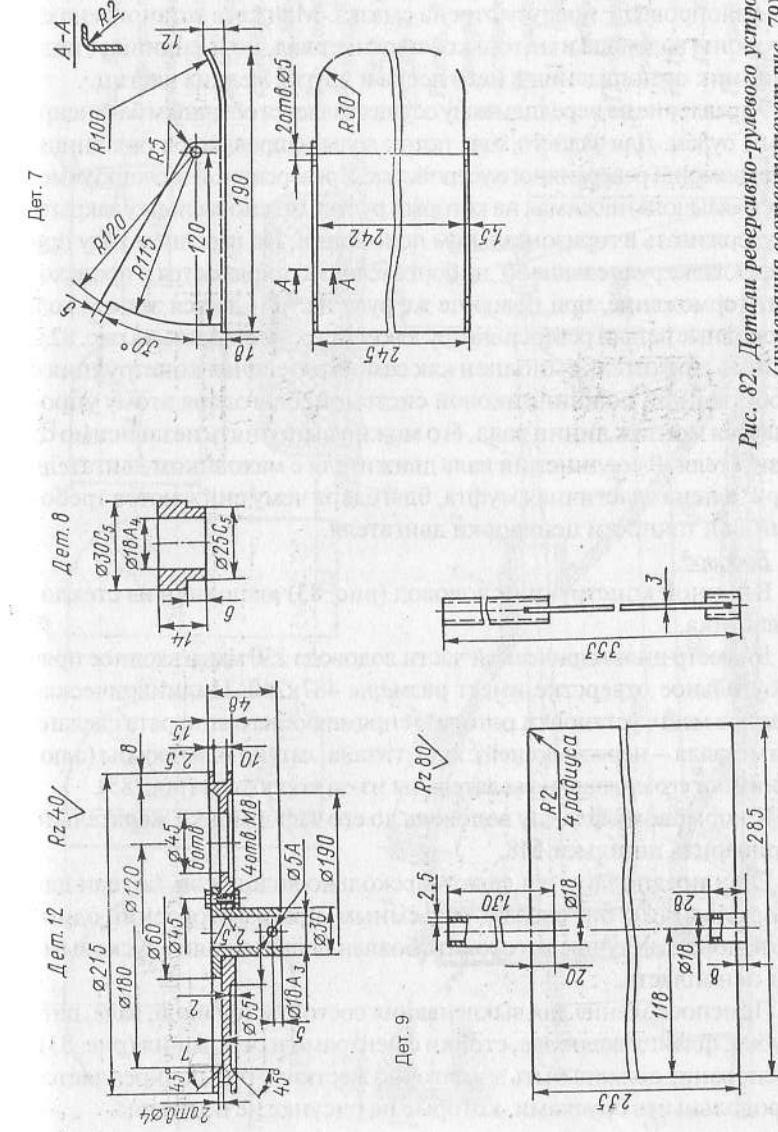


Рис. 82. Детали редукторно-рулевого устройства (нумерация соответствует рис. 79).

шетка, установленная в плоскости днища, выполняет роль «сливника». К ней по бокам входного отверстия приварены два плавничка, подобных тем, что используются на водометах «Беркли».

В подшипнике скольжения, расположеннном на внутреннем конце валопровода, предусмотрена смазка. Манжета установлена со стороны водовода и не только уплотняет вал, но и защищает подшипник от попадания в него песка и других мелких частиц.

Управление на переднем ходу осуществляется обычным балансирным рулем. Для заднего хода поток воды направляется под днище при помощи реверсивного устройства. У реверсивной заслонки имеется «язычок», нажимая на который рулём, можно заслонку закрыть и удерживать в горизонтальном положении. На переднем ходу при перекладке руля выше  $30^\circ$  на борт заслонка открывается и происходит торможение, при повороте же руля на  $90^\circ$  – дается задний ход. Основные детали реверсивно-рулевого устройства даны на рис. 82.

Весь движитель выполнен как самостоятельная конструкция с собственной подшипниковой системой; благодаря этому упрощается монтаж линии вала, его можно выполнять независимо от двигателя. В соединении вала движителя с маховиком двигателя применена эластичная муфта, благодаря чему снижаются требования к точности центровки двигателя.

#### Водовод.

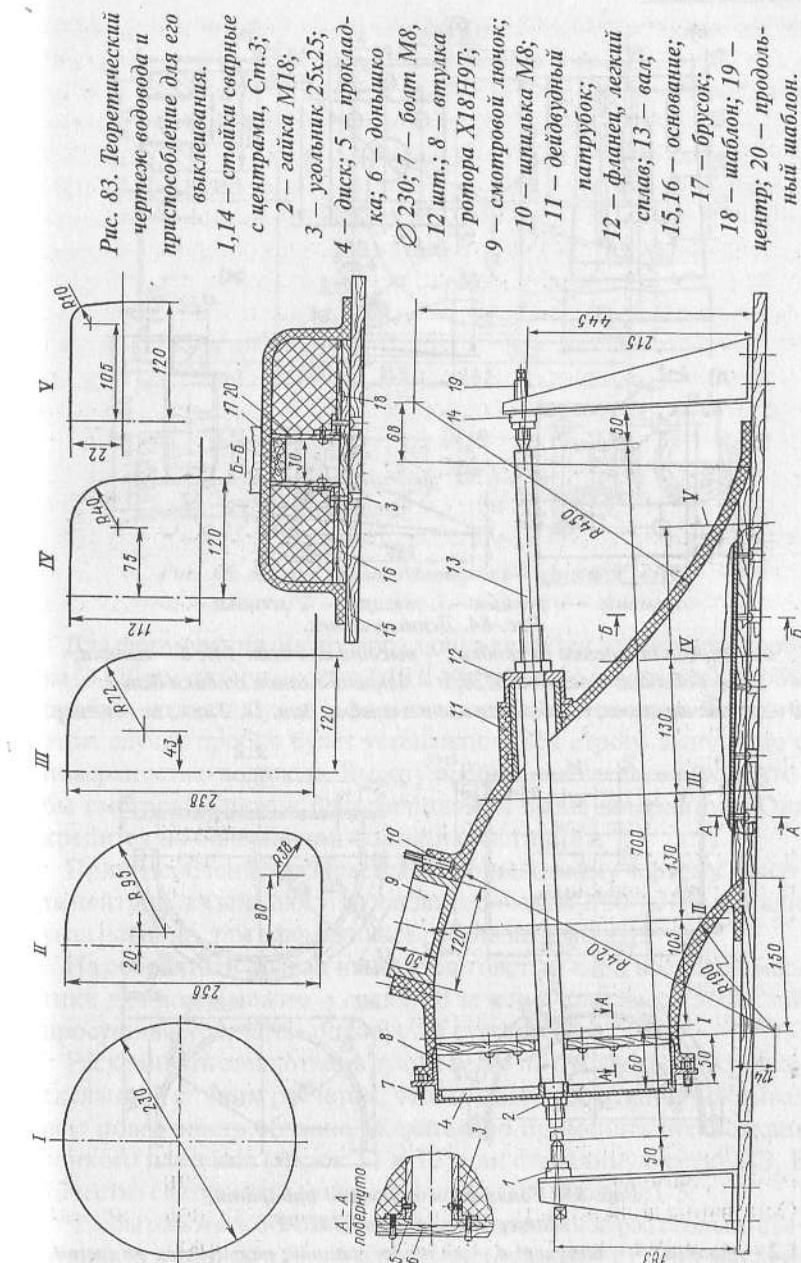
В данной конструкции водовод (рис. 83) выполнен из стеклопластика. Диаметр цилиндрической части водовода 230 мм, а входное прямоугольное отверстие имеет размеры 487x240.

Цилиндрическая часть в месте установки ротора и спрямляющего аппарата сделана из металла – нержавеющей стали, титана, латуни или бронзы (алюминий и его сплавы нежелательны из-за коррозии) (рис. 85).

К кормовому фланцу водовода до его заформовки желательно приварить шпильки M8.

Если предполагается делать несколько водоводов, болван для формования стоит сделать разъемным, при изготовлении одного водовода – лучше изготовить болван цельным или «кусковым» из пенопласта.

Приспособление для выклевивания состоит из фланца, вала, патрубка, фланца водовода, стойки с центрами и основания (рис. 83). Основание должно быть достаточно жестким; оно подкрепляется продольными брусками, которые на рисунке не показаны.



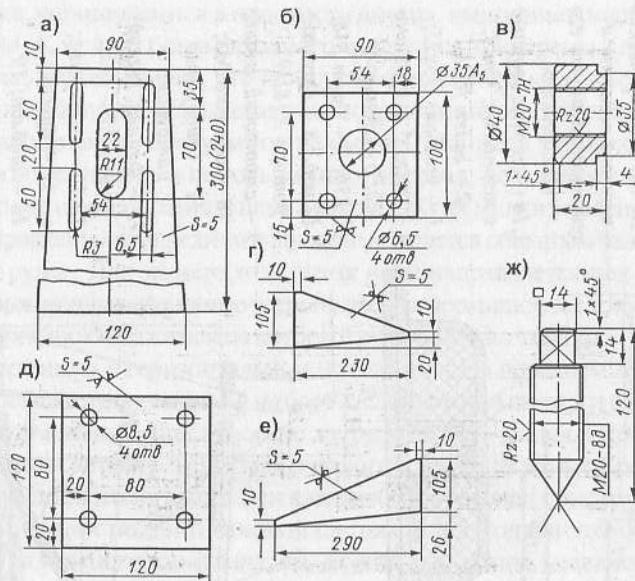


Рис. 84. Детали стоек.

*a – передняя стенка (в скобках – высота для дет. 14); б – планка; в – бобышка с резьбой M20; г – боковая планка стойки дет. 1; д – основание стоеч; е – боковая планка стойки, дет. 14, 2 шт.; ж – центр.*

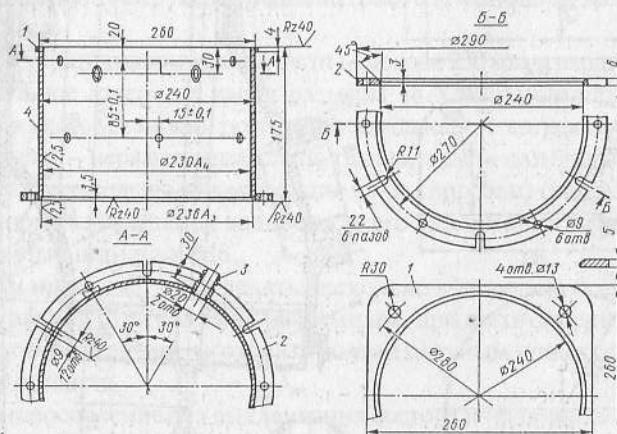
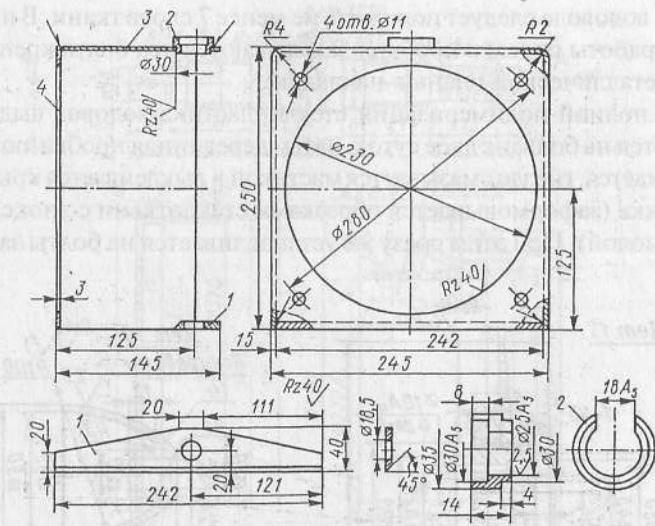


Рис. 85. Сопло спрямляющего аппарата.

*Материал – сталь X18Н9Т*

*1,2 – фланец; 3 – штуцер; 4 – цилиндр, сварной, вальцуется из листа.*

Рис. 86. Кожух сопла. Материал – сталь X18Н9Т  
1 – планка; 2 – втулка; 3 – кожух; 4 – фланец.

Для формования смотрового лючка делается деревянная пробка Ø 120 мм с конусностью 1:10 и обязательно с буртиком, чтобы пробка, которая будет заформовываться, имела упор. Только в этом случае пробка будет устанавливаться строго заподлицо с поверхностью водовода. Высоту пробки надо делать такой, чтобы смотровой лючок был расположен выше ватерлинии. Она крепится на болване при помощи пластилина.

Приспособление собирается по приведенному чертежу. Высота центров указана для угла наклона оси вала 3°30''. Чем меньше угол наклона, тем эффективнее работа водомета.

На собранный болван наносится толстый слой восковой маски для пола (можно – воска). В течение двух часов этот слой просушивается, затем полируется суконкой.

Раскраивать стеклоткань лучше всего по бумажной выкройке, сделанной с таким расчетом, чтобы один кусок ткани покрывал всю поверхность болвана. Желательно применять стеклоткань тонкого плетения (марок Т1 и Т2) или стеклянную сетку СЭ. В качестве связующего можно использовать смолу ЭД-5.

Чтобы работать без спешки, лучше готовить за раз столько связующего, сколько идет на один слой (около 0,7 л). При выклей-

вании водовода следует положить не менее 7 слоев ткани. В процессе работы рядом с пробкой заделываются два болта крепления металлической планки-накладки.

Для полной полимеризации стеклопластика водовод выдерживается на болване двое суток. Затем деревянная пробка лючка вынимается, гнездо смазывается мастикой и выклевывается крышка лючка (заформовывается обрезками стеклоткани с эпоксидной смолой). При этом сразу же устанавливается на болты за-

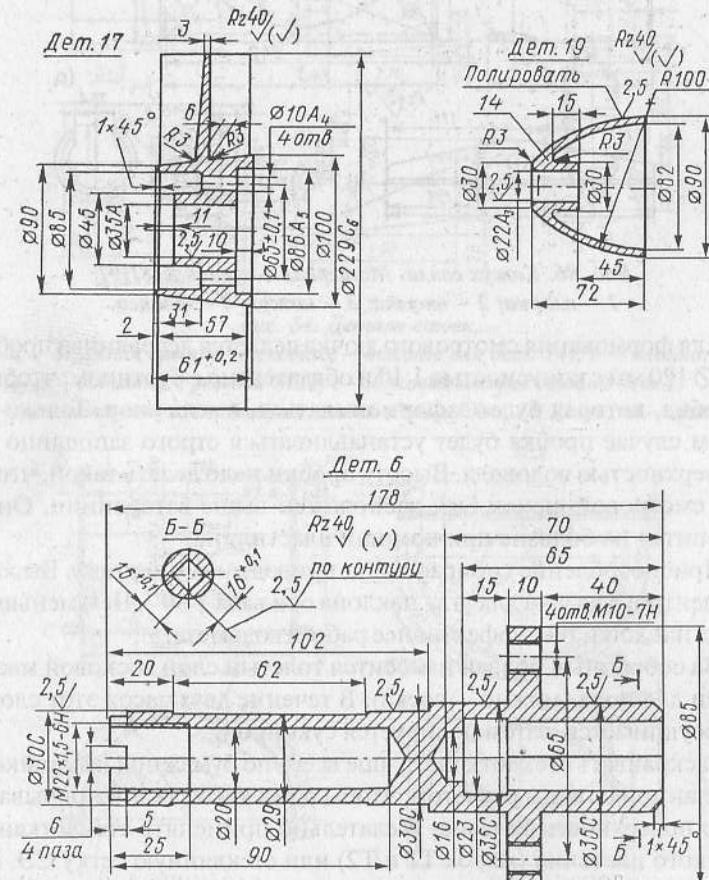


Рис. 87. Ротор, его ось и обтекатель  
(нумерация соответствует рис. 79).

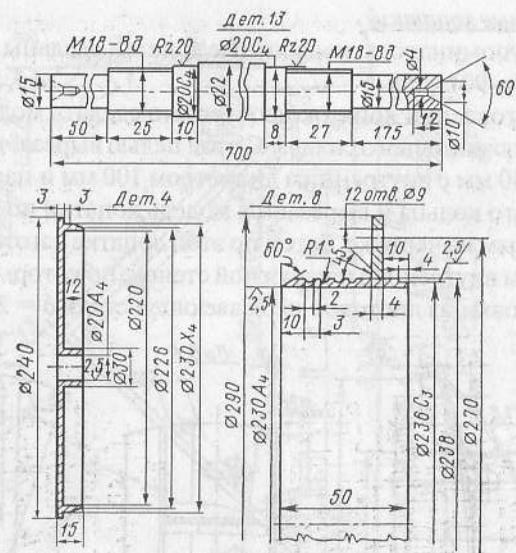


Рис. 88. Вал, диск и втулка ротора.  
(нумерация соответствует рис. 79).

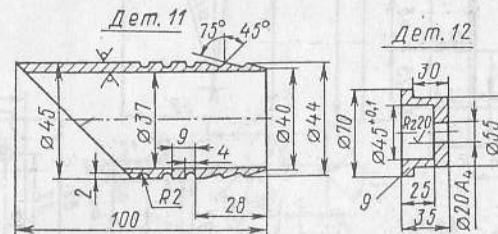


Рис. 89. Дейдвудный патрубок и фланец.  
(нумерация соответствует рис. 79).

нее подготовленная металлическая планка, которая приформовывается к краям стеклопластиковой крышки.

Еще через два дня приспособление можно разбирать и выковычивать болван.

#### Ротор.

Четырехлопастное рабочее колесо с шагом лопастей 215 мм и диаметром 229 мм делается литым из алюминиевого сплава АЛ28 или бронзы (рис. 87).

Поджимные лопатки.

Как уже упоминалось, поджимные лопатки сделаны регулируемыми (рис. 90).

Для изготовления лопаток необходимо сделать модель из дерева или алюминиевого сплава. С этой целью вырезается кольцо высотой 140 мм с внутренним диаметром 100 мм и наружным – 230. Из этого кольца и вырезается модель лопатки по размерам, приведенным на чертеже. Затем по этой лопатке изготавливаются шаблоны внутренней и наружной стенок, по которым вырезаются заготовки из листовой нержавеющей стали  $\delta = 2$  мм.

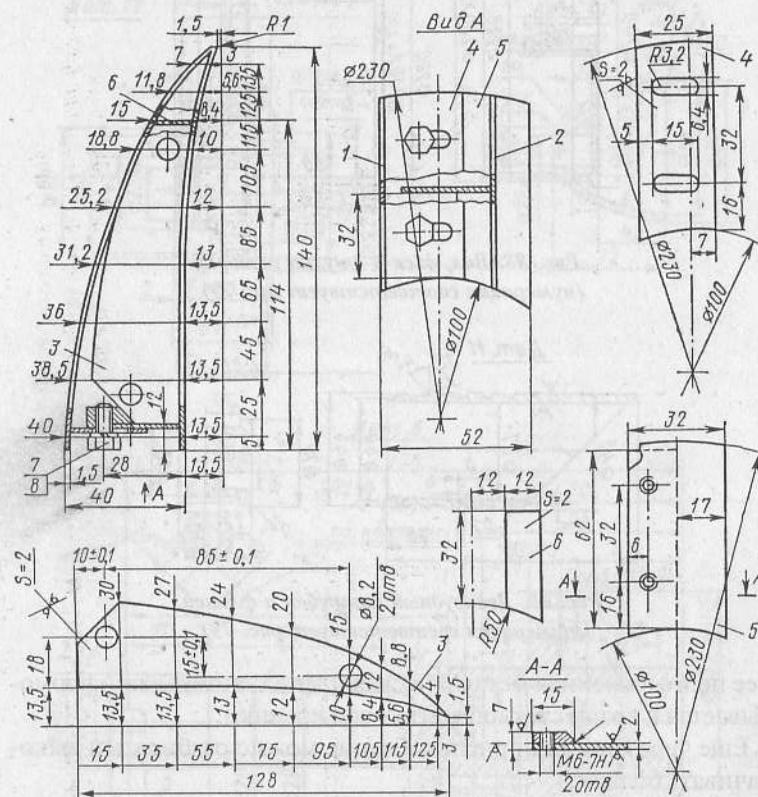


Рис. 90. Клиновидная поджимная лопатка с регулируемым профилем.

1,2 – боковые стенки; 3 – ребро жесткости; 4,5,6 – перемычки;  
7 – болт M6x10; пружинная шайба.

Материал – сталь X18H9T. 1 – «стивики»; 2 – «планки задняя»; 3 – планка боковая, 2 шт.; 4 – нож, 7 шт.;  
5 – бортовой плавник, 2 шт.

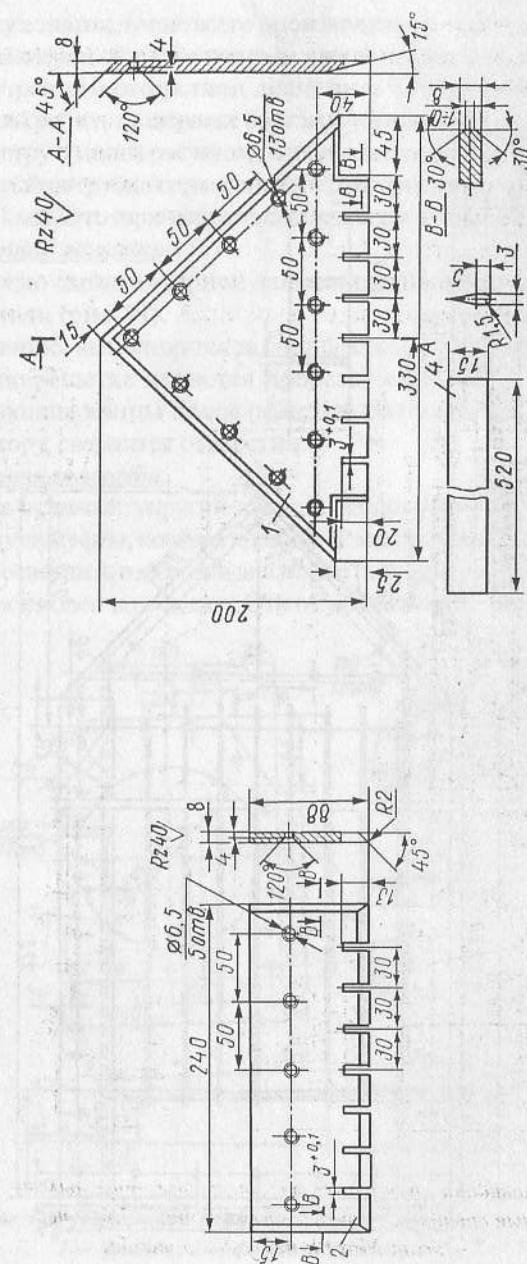


Рис. 91. Защитная решетка (начало).

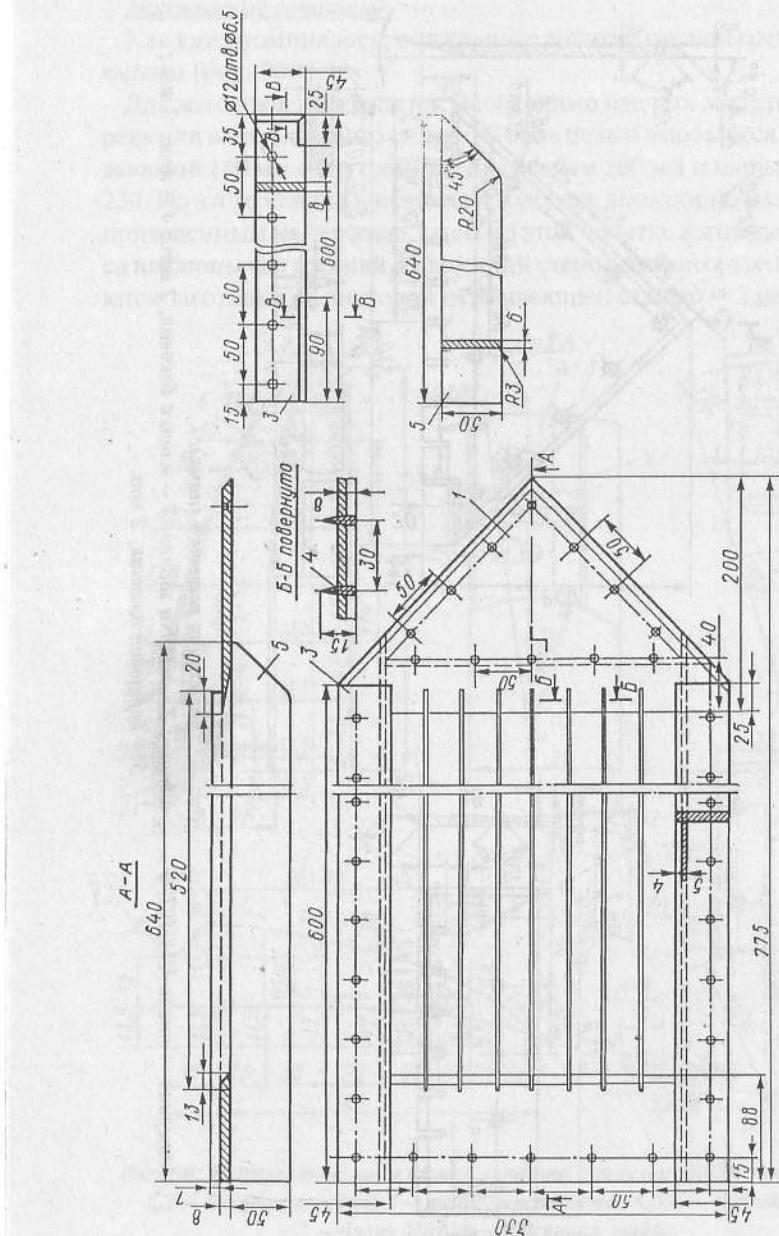


Рис. 91. Защитная решетка (окончание).  
Материал — сталь Х18Н9Т. 1 — «сливник»; 2 — планка задняя; 3 — планка боковая, 2 шт.; 4 — нож, 7 шт.; 5 — бортовой плавник, 2 шт.

Сварку лопаток лучше всего производить на оправке, выполненной по размерам обтекателя спрямляющего аппарата, только с гладким внутренним отверстием диаметром 70 мм. Сварив лопатки, надо их закрепить на оправке болтами М8 и проточить по наружному диаметру с таким расчетом, чтобы зазор между внутренней поверхностью патрубка спрямляющего аппарата и лопатками был не более 0,1 мм. Это гарантирует надежную работу водомета.

#### Защитная решетка.

Ее можно сделать сварной из титанового сплава или нержавеющей стали (рис. 91).

«Сливник» выполняется за счет фасок под углом 45°. В днище катера по решетке делаются прорези, в которые надо утопить выступающие концы полос решетки. Затем по решетке, как по кондуктору, сверлятся отверстия.

#### Эластичная муфта.

Муфта включает упругий элемент из прорезиненной ткани. Во фланце полуумфты, которая крепится к маховику двигателя, необходимо просверлить отверстия для тех же пальцев, которыми маховик крепится к коленчатому валу. Эти отверстия смешены, чтобы махо-

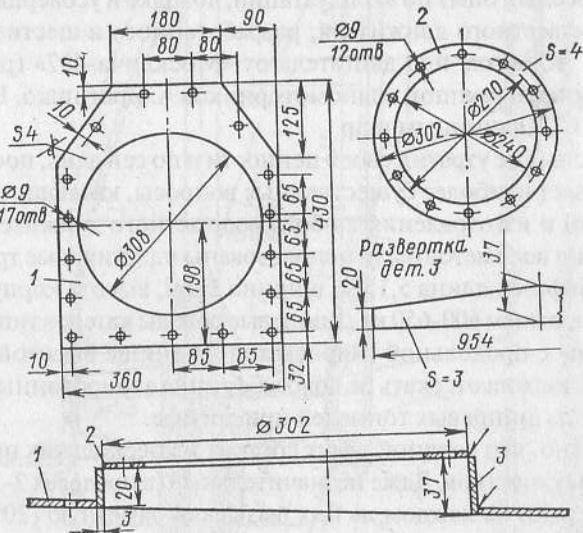


Рис. 92. Переходной патрубок. Материал — сталь Х18Н9Т  
1 — фланец; 2 — фланец круглый; 3 — кольцо.

вик занимал строго определенное положение. Поэтому отверстия в полуумфте должны обрабатываться по маховику, как по кондуктору.

При центровке вала движителя с двигателем одна полуумфа крепится к маховику двигателя, а другая свободно устанавливается на вал движителя. При соприкосновении полуумфта можно определить, какой имеется излом осей валов двигателя и движителя. Надо добиваться полного совпадения полуумфта по торцам и по диаметрам. После этого можно устанавливать диски, вырезанные из прорезиненной ткани общей толщиной 12-15 мм. Такая муфта работает весьма надежно.

#### *Переходной патрубок.*

Его лучше изготовить сварным из нержавеющей стали (рис. 92).

Сварка производится сплошным водонепроницаемым швом. Контур фланца, прилегающего к транцу, может отличаться от указанного.

## 6.5. Методы усовершенствования водометных установок

Интересный опыт по эксплуатации, доводке и усовершенствованию известного движителя, разработанного в шестидесятых годах Э. Клоссом под двигатель от «Москвича-407» (рис. 93), был накоплен группой водномоторников А. Братишко, Б. Боде-хиным, С. Калининым и др.

Этот опыт не утратил своей ценности и по сей день, поскольку затрагивает наиболее существенные вопросы, касающиеся конструкции и изготовления любого водометного движителя. Для установки водометов были использованы пластиковые тримараны «Дельфин»: длина 5,15 м, ширина 2,0 м, высота корпуса 0,85 м, вес порожнем 600-650 кг. Днищевые обводы катеров типа «крыло чайки» с продольной гидролыжей на днище высотой 25 мм, которая должна отсекать от водозаборника аэрированные потоки воды из днищевых тоннелей при дрейфе.

Известно, что водяной тракт состоит из нескольких последовательных участков. Даже незначительные (в пределах 2-3%) потери энергии на каждом из них вызывают заметную (20% и более) общую потерю мощности двигателя.

Потери начинаются уже на входе воды в водозаборник из-за того, что, как правило, не уделяют должного внимания

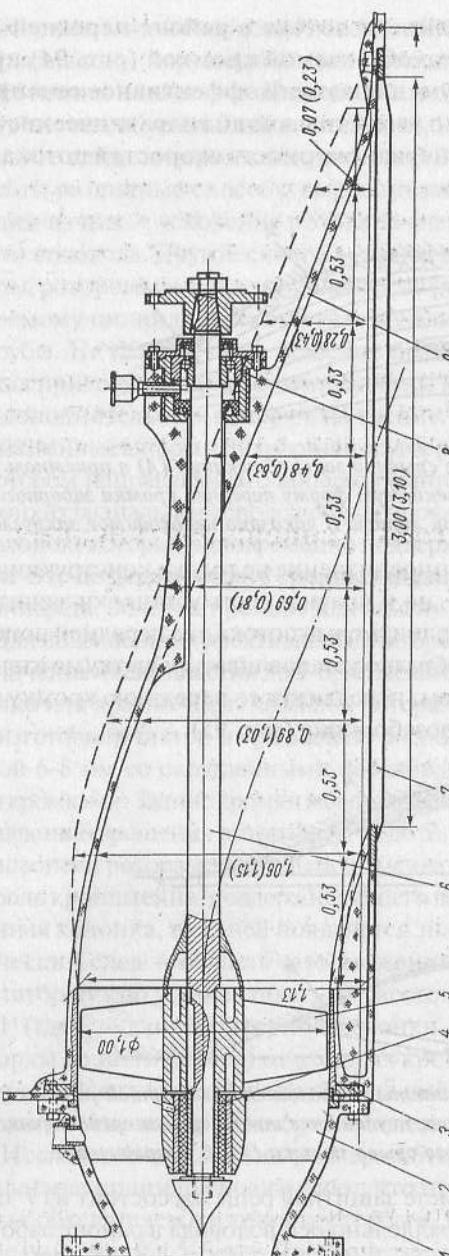


Рис. 93. Конструкция водомета Э. Клосса. Длиннитром показан вариант с конфузорным водоводом (даны относительные диаметры сечений).  
1 – вал; 2 – прямляющий аппарат; 3 – цилиндрическая камера; 4 – резинометаллический подшипник; 5 – ротор;  
6 – радиально-упорный шарикоподшипник; 7 – защитная решетка; 8 – водовод из стеклопластика.

обеспечению плавности потока в районе передней кромки отверстия. За плохо обтекаемой кромкой (рис. 94) происходит срыв потока, уменьшающий эффективное сечение водовода и значительно увеличивающий гидравлические потери. Возрастает также неравномерность скоростей потока, поступающего на ротор.

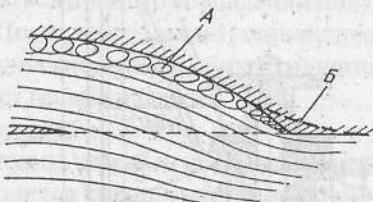


Рис. 94. Образование срывной зоны обтекания (A) в приемном тракте, имеющем плохо обтекаемую форму передней кромки заборного отверстия. (Штриховой линией Б показано необходимое закругление).

Имеют существенное значение не только конструкция и качество изготовления, но и правильность установки защитной решетки. Чтобы уменьшить срыв потока с ее передней поперечной пластины, целесообразно устанавливать решетку не в плоскости днища, а с наклоном, передвинув ее переднюю кромку за «зону подсасывания» водозаборника (рис. 95).

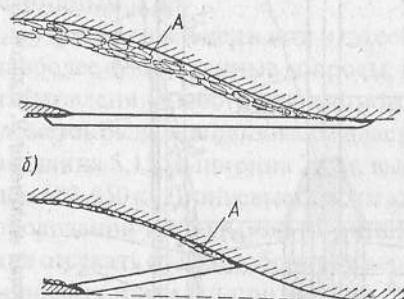


Рис. 95. Варианты расположения защитной решетки:  
а – традиционное, неудачное с точки зрения предотвращения  
развитого срыва потока (A); б – правильное.

На данном водомете защитная решетка состоит из 7 пластин, установленных параллельно оси водовода в районе заборника и наклонена относительно днища катера на угол 10-20°.

Равномерность поля скоростей потока, набегающего на ротор, всегда оказывается нарушенной, что приводит к нестационарности обтекания лопастей и снижению к.п.д. ротора. Неравномерность потока обусловлена, в частности, наличием гидродинамического следа за пересекающим его гребным валом.

Известны различные способы выравнивания скоростей в потоке. Один из них – ускорение потока за счет сужения (конфузорности) водовода. Другой способ – спрямление участка водовода перед ротором: поток до попадания на ротор должен пройти по прямому цилиндрическому участку длиной не менее диаметра трубы. На катерах такое решение практически не применяется как приводящее к увеличению длины водометного комплекса и дополнительным потерям на трение.

Вышеназванные авторы использовали другое решение – установку перед ротором направляющего аппарата (статора) из 3-4 относительно тонких радиально расположенных профилированных пластин – колонок, которые одновременно поддерживают конец гребного вала. Это позволяет убрать опорный подшипник из спрямляющего аппарата, облегчает ремонт или замену спрямляющего аппарата. Для повышения эффективности статора можно рекомендовать увеличение числа пластин до 5-6, но желательно, чтобы оно не было равно или кратно числу лопастей ротора. На своем водомете авторы изготовили статор из радиально расположенных пластин толщиной 6-8 мм со скругленными передними и заостренными задними кромками. Задние кромки можно плавно отогнуть навстречу направлению вращения ротора на угол до 5°. Зазор между статором и лопастями ротора должен быть не менее 10-20 мм.

Если роль кронштейна, поддерживающего вал, выполняет одна утолщенная колонка, то за ней появляется значительный гидродинамический след – область заторможенного потока. В этом случае статор нужно устанавливать на расстоянии не менее  $1,0 l_c$  или  $0,5 l_p$  (где  $l_c$  – длина статорной колонки, а  $l_p$  – наибольшая длина хорды лопасти ротора) от входных кромок ротора.

Если гребной вал помещен в трубу, для уменьшения гидродинамического следа за ней можно рекомендовать установку обтекателя. Исследования влияния размера обтекателя на лобовое сопротивление цилиндра показывают, что при отношении хорды трубы с обтекателем  $b$  к диаметру трубы  $d$ , равном 6-7, сопротивление снижается в 5-6 раз. Практически с учетом косого об-

текания (поток набегает на гребной вал водомета под углом 30-40°) и из конструктивных соображений достаточно принимать  $b/d \approx 2$ .

Размеры ротора и водозаборника по сравнению с водометом-прототипом были увеличены:名义альный диаметр до  $d_p = 220$  мм, диаметр ступицы до  $d_c = 100$  мм, площадь живого сечения потока в районе ротора до  $S = 300 \text{ см}^2$ . На водометах авторов разработки испытывались роторы с шагом  $H = 210, 220, 240$  и  $270$  мм. Ротор с  $H = 270$  мм оказался «сверхтяжелым»; изменения шага в диапазоне 210-240 влияли на работу двигателя незначительно. В окончательном варианте был выбран шаг  $H = 230$  мм.

Увеличение числа лопастей ротора с четырех до пяти почти не сказывалось на его работе, однако изменения дискового отношения имели существенное значение. При узких лопастях возникает кавитация, что приводит к падению упора. Авторы пришли к выводу, что дисковое отношение должно быть как можно больше и во всех случаях не менее единицы. Хорошие результаты показал ротор с пятью лопастями, имеющими при развертке на плоскость форму, близкую к прямоугольной, и хорду 140-160 мм (дисковое отношение 1,1-1,3).

Чтобы уменьшить вредное влияние центробежных сил, вызывающее падение упора умеренно нагруженных винтов на 3-4%, лопасти ротора несколько наклоняют назад и придают им небольшую вогнутость (рис. 96).

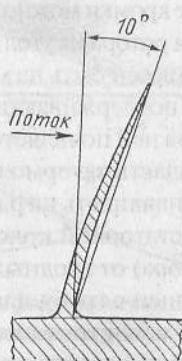


Рис. 96. Рекомендуемая форма продольного сечения лопасти ротора.

Роторы указанных водометов делались сварными из высокопрочной термообрабатываемой стали. Они отгибались в корму

на 10-13° (это следует предусмотреть при выполнении шагового угольника). Вогнутость нагнетающей поверхности лопасти, показанная на рис. 94, составляет 1-2 мм и получается при изготовлении шагового угольника как следствие «телесности» фрезы. Хорошие лопасти получаются из отработавших срок лопаток от газотурбинных двигателей: при нагреве лопаток докрасна им можно легко придать необходимую форму; материал самозакаливается на воздухе, обладает высокой механической прочностью. Наиболее выгодный зазор между наружными кромками лопастей и стенками водовода лежит в пределах 0,5-0,7 мм. При меньшем зазоре лопасти будут ломаться, так как под нагрузкой они разгибаются и задеваются за стенки. При большем – увеличиваются индуктивные потери и снижается тяга.

Испытания различных вариантов спрямляющих аппаратов показали, что для предотвращения кавитации их дисковое отношение должно быть больше, чем у ротора. В последних вариантах водометов, испытанных коллективом авторов, были применены спрямляющие аппараты с шестью лопатками, имеющими хорду 140-160 мм (рис. 97); дисковое отношение при этом составляет около 1,5.

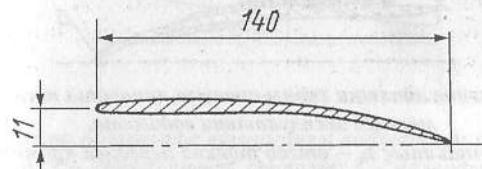


Рис. 97. Рекомендуемая форма профиля лопатки спрямляющего аппарата при традиционной конструкции водомета.

Сопло преобразует избыточную потенциальную энергию потока в кинетическую энергию струи, т.е. в приращение скорости. Форма проточной части выходного сопла должна обеспечивать плавный (с постоянным ускорением) отвод жидкости от спрямляющего аппарата, требуемую площадь выходного отверстия, цилиндрическую форму и максимальную устойчивость струи, выходящей из сопла, при минимальных гидравлических потерях, т.е. при условии безотрывного течения в сопле.

Изменения диаметра выходного отверстия сопла в диапазоне 150-165 мм на упоре водомета почти не сказывалось. Число обо-

ротов коленчатого вала двигателя составляло при полном открытии дроссельной заслонки 3200–3500 об/мин, что соответствует режиму максимального крутящего момента.

Выполнение отводящего тракта в принципе аналогичным прототипу обеспечивало катеру скорость 41–43 км/час при водоизмещении 1200–800 кг. Катер глиссировал и при нагрузке 9 человек с багажом (водоизмещение 1500 кг); при этом время разгона возрастало, но после выхода на глиссирование заметного уменьшения скорости не наблюдалось.

Дальнейшие усовершенствования были направлены на увеличение живучести лопаток спрямляющего аппарата и на уменьшение потерь мощности.

Тонкие лопатки спрямляющего аппарата при больших нагрузках и попаданий гальки выходили из строя: случалось, что водомет «выплевывал» лопатки. Угол установки передней кромки лопаток не удается рассчитать точно; в результате во многих случаях эти кромки оказывались загнутыми в ту или иную сторону (рис. 98).

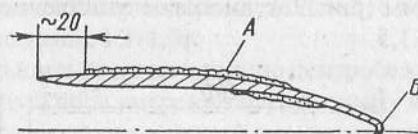


Рис. 98. Состояние лопатки спрямляющего аппарата после нескольких месяцев эксплуатации водомета.  
А – «накипь»; Б – отгиб тонкой передней кромки.

После нескольких месяцев работы на лопатках появляются участки с матовой поверхностью, как будто на них выпала накипь. По мнению некоторых специалистов такое происходит на участках отрывного обтекания с образованием застойных зон – «пузьрей»; возможно, что «накипь» – свидетельство кавитационного разрушения поверхности лопаток.

Существенная часть энергии затрачивается на поворот линий тока обратно к оси водомета, тогда как ротор отбрасывал частицы воды в стороны.

Изучение поведения воды при течении ее через сопло (путем введения красителей в воду, проходящую через стеклянную модель традиционного соплового устройства) показало, что в потоке существуют зоны интенсивного вихреобразования (рис. 99).

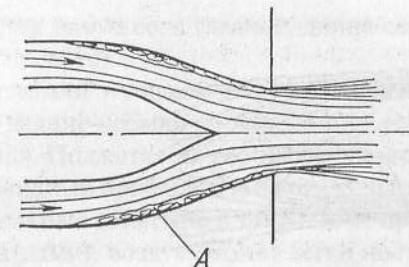


Рис. 99. Зоны интенсивного вихреобразования (A) в сопле традиционной конструкции водомета.

Этого недостатка лишены водометы, в которых поджатие выходной струи осуществляется не наружным сужающимся соплом, а внутренним расширяющимся телом (рис. 100).

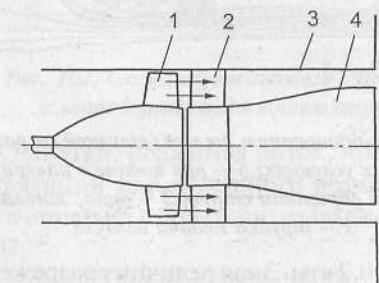


Рис. 100. Схема водомета с внутренним поджатием выходной струи.  
1 – ротор; 2 – спрямляющий аппарат; 3 – цилиндрическое сопло;  
4 – центральное внутреннее тело (втулка).

Водометы с внутренним поджатием, как отмечается в литературе, имеют более высокий к. п. д., однако на малых судах применяются редко, так как органы управления получаются громоздкими и сложными.

Моделирование потока за сопловым устройством с внутренним поджатием показало, что за срезом внутреннего тела (втулки) образуется устойчивая воздушная каверна (рис. 101а).

С увеличением скорости потока в нижней ее части появляется обратная струя воды, каверна заполняется пеной; разрушение потока начинается на небольшом расстоянии от сопла. Замеры жидкостным манометром показали, что разрежение в каверне за

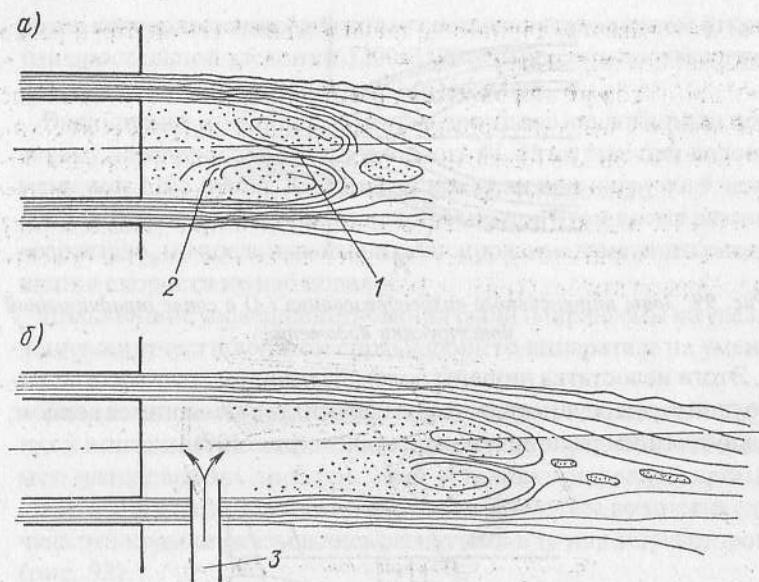


Рис. 101. Каверна за внутренним телом (втулкой) и размеры кольцевой струи: а — в обычных условиях; б — при подаче в каверну атмосферного воздуха. 1 — мощная обратная струя; 2 — пена, заполняющая каверну; 3 — трубка подачи воздуха.

втулкой достигает 0,2 атм. Зная величину разрежения в каверне, диаметр втулки, скорость движения катера и задавшись пропульсивным к. п. д. движителя  $z = 0,45$ , несложно оценить потери упора и мощности, вызванные установкой втулки. При  $d_v = 100$  на скорости 40 км/час потеря упора составляет около 16 кг, а потеря мощности 5,15 л.с.; при  $d_v = 150$  эти потери возрастают уже до 35 кг и 11,6 л.с.

С целью сокращения длины движителя иногда совмещают сопло со спрямляющим аппаратом. Однако считается, что нельзя доводить выходящие кромки лопастей аппарата до среза сопла, поскольку при этом появляется опасность прорыва атмосферного воздуха на засасывающую сторону лопастей. В то же время, как показали эксперименты, внутрь кольцевого потока за сопловым устройством с внутренним поджатием целесообразно «запускать» как можно больше воздуха. Если полость каверны сообщить трубкой с атмосферой, воздух с шипением будет засасы-

ваться в каверну, длина ее, а главное, длина самой струи резко возрастают (рис. 101б).

Авторы воплотили эту идею, изготовив сопло и втулку в виде цилиндров, а задние кромки спрямляющих лопаток совместив со срезом сопла. Поджатие же потока осуществили, придав лопаткам клиновидный профиль. При этом кольцевая струя разрезается на отдельные сегменты с широкими просветами между ними (за лопатками), воздух сможет легко поступать в полость каверны за втулкой (рис. 102).

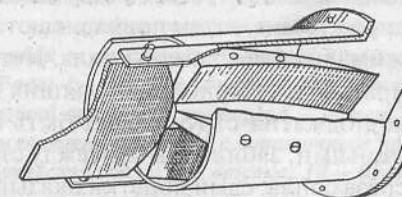


Рис. 102. Схема спрямляющего аппарата с лопаточным поджатием струи.

Кроме того, лопатки, поджимая поток, предотвращают появление зон кавитации или отрывного обтекания. Общий вид спрямляющего аппарата с лопаточным поджатием струи приведен на рис. 103.

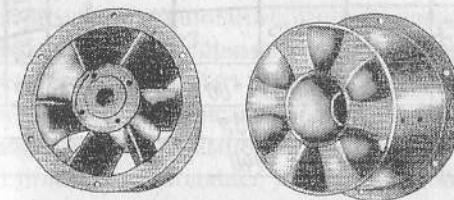


Рис. 103. Общий вид (спереди и сзади) спрямляющего аппарата с лопаточным поджатием струи.

Зазор между лопастями ротора и спрямляющего аппарата должен составлять 2-5 мм. Толщина лопаток на срезе сопла составляет 34-40 мм, причем меньший размер относится к более тяжелым катерам.

При изготовлении спрямляющие лопатки следует сначала приварить только к внутренней втулке; к обечайке они прива-

риваются только после регулировки поджатия струи за счет свободных кромок. Следует заметить, что вогнутость задних кромок спрямляющих лопаток, показанная на рис. 101, совершенно необязательна, поскольку не улучшает характеристики струи.

Во время испытаний таких аппаратов был выявлен целый комплекс преимуществ данной конструкции. Аппарат отличается простотой и технологичностью. Сопло и втулка выполняются цилиндрическими из листовой 2-4 мм стали. Лопатки изготавливаются каждая из двух заготовок толщиной 2 мм, сваренных по передней кромке, затем привариваются к центральной втулке и обжимаются обечайкой сопла. Нет необходимости точно подбирать угол установки входящих кромок лопаток. Регулировка поджатия струи может быть осуществлена деревянными клиньями, забиваемыми между стенками лопаток со стороны среза сопла; сами лопатки оказываются надежными и долговечными благодаря прочным приполненным передним кромкам (рис. 104).

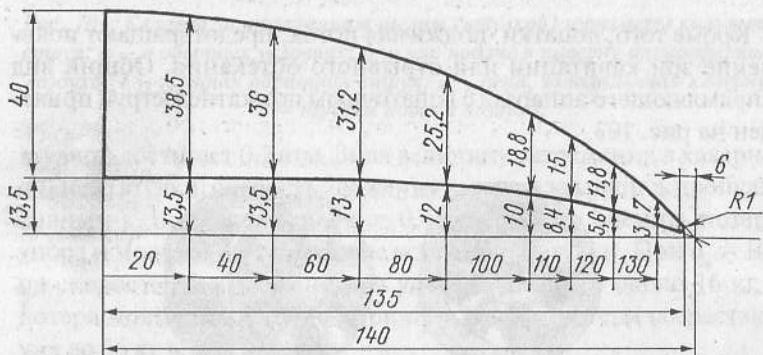


Рис. 104. Профилировка клиновидной спрямляющей лопатки аппарата с лопаточным поджатием струи.

Благодаря полному совмещению спрямляющего и поджимающего поток устройств, длина отводящего тракта становится минимальной, что несколько уменьшает потери энергии.

К. п. д. движителя (рис. 105) возрастает на всех скоростных режимах, поскольку спрямляющий аппарат хорошо работает в широком диапазоне углов закручивания потока за ротором.

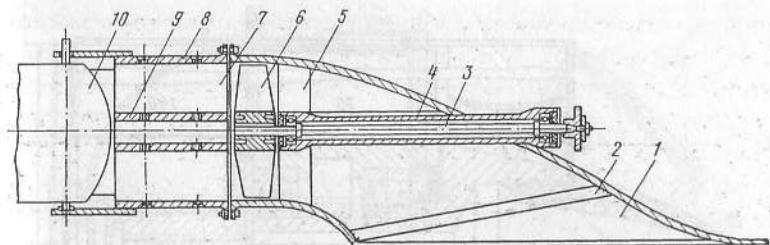


Рис. 105. Принципиальная схема усовершенствованного водомета с совмещением сопла и спрямляющего аппарата при лопаточном поджатии струи.

1 – водозаборник со скруглением передней кромки; 2 – решетка; 3 – гребной вал; 4 – труба с обтекателем (показаны условно); 5 – направляющий аппарат (статор); 6 – ротор; 7 – клиновидные лопатки спрямляющего аппарата с лопаточным поджатием струи; 8 – цилиндрическое сопло; 9 – втулка; 10 – балансирный руль.

При исходной площади выбрасываемой струи двигатель работает с гораздо меньшей нагрузкой; число оборотов возрастает до 4000 об/мин, т.е. до номинального, соответствующего максимальной мощности. При большем поджатии струи загрузка двигателя возрастает; одновременно увеличивается скорость струи и скорость катера. Например, катер «Дельфин», о котором шла речь выше, стал выходить на глиссирование с 11 пассажирами на борту.

Конструкция рулевого устройства в данном варианте также упрощается. Теперь можно установить обычный балансирный руль в ДП за двумя вертикальными спрямляющими лопатками (количество их, естественно, должно быть четным). Имеется возможность так подобрать площадь компенсации перед осью баллера, что нагрузки в проводке управления многократно уменьшаются.

На рис. 101 показано отводящее устройство новой конструкции, у которого количество лопаток принято равным шести. Понятимому, их число можно уменьшить до четырех, но при этом лопатки придется делать большей длины и с закруткой, что ухудшит технологичность.

Авторы предложили еще два варианта водометов с лопаточным поджатием струи. Водомет, изображенный на рис. 106 несколько сложнее по конструкции, но его проще доводить на катере благодаря легкосъемному спрямляющему аппарату, не требующему повышенной точности изготовления и центровки.

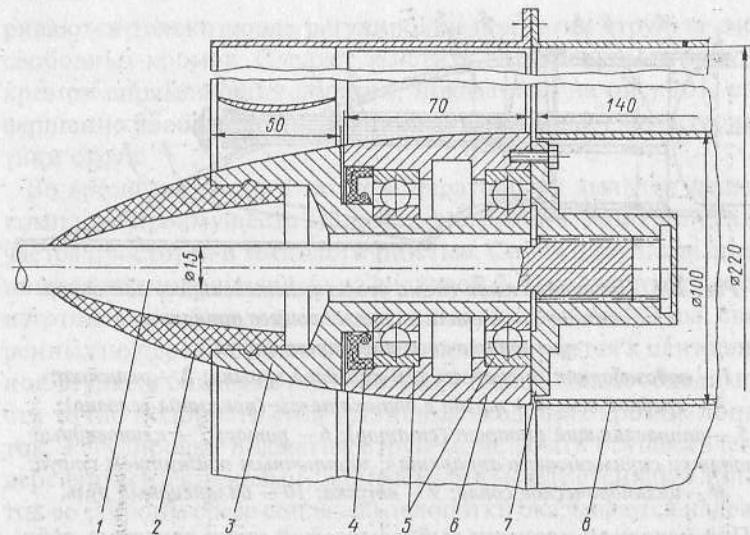


Рис. 106. Вариант конструкции движителя с торсионным валом.  
1 – торсионный вал; 2 – обтекатель вала (резиновый); 3 – обтекатель направляющего аппарата (упор ротора передается через направляющие лопатки, приваренные к наружной трубе); 4 – резиновая манжета; 5 – шарикоподшипник № 207; 6 – обтекатель ротора; 7 – ступица, передающая вращение от вала к ротору; ступица с валом имеет шлицевое соединение; 8 – обтекатель спрямляющего аппарата.

Упрощенный вариант такого же движителя показан на рис. 107. В обоих вариантах применен торсионный вал водомета. Это позволило отказаться от промежуточного карданного вала и сократить количество деталей движителя. Простота снятия всей механической части обеспечивает быструю замену вышедших из строя деталей и упрощает ремонт.

Узел соединения двигателя и водомета, показанный на рис. 108, обеспечивает минимальную протяженность моторного отсека (в пределах 1250–1300 мм).

При оптимальной регулировке поджатия струи двигатель «М-21» развивает 3800–4000 об/мин, а скорость катера «Дельфин» при нормальной нагрузке достигает 48 км/час.

Реверсивное устройство, показанное на рис. 107, работает следующим образом. При перекладке руля на 90° (на малых оборотах двигателя) давление, возникающее в кожухе сопла, растяги-

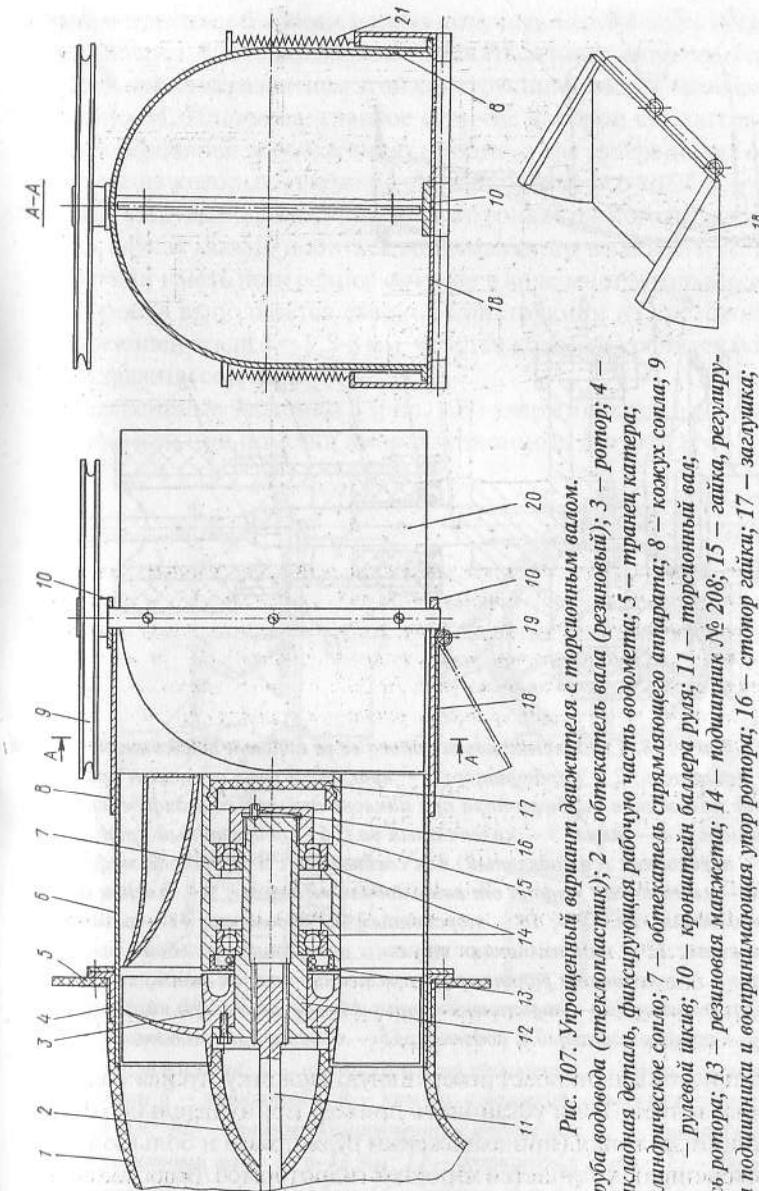


Рис. 107. Упрощенный вариант движителя с торсионным валом.  
1 – труба водовода (стеклонапластик); 2 – обтекатель вала (резиновый); 3 – ротор; 4 – закладная деталь, фиксирующая рабочую часть водомета; 5 – транец катера; 6 – цилиндрическое сопло; 7 – рулевой тяга; 10 – кронштейн балера руля; 11 – торсионный вал; 12 – ось ротора; 13 – резиновая манжета; 14 – подшипник № 208; 15 – гайка, регулирующая подшипники и воспринимающая упор ротора; 16 – стопор гайки; 17 – заглушка; 18 – реверсивная заслонка; 19 – ось заслонки; 20 – балансирный руль; 21 – пружина.

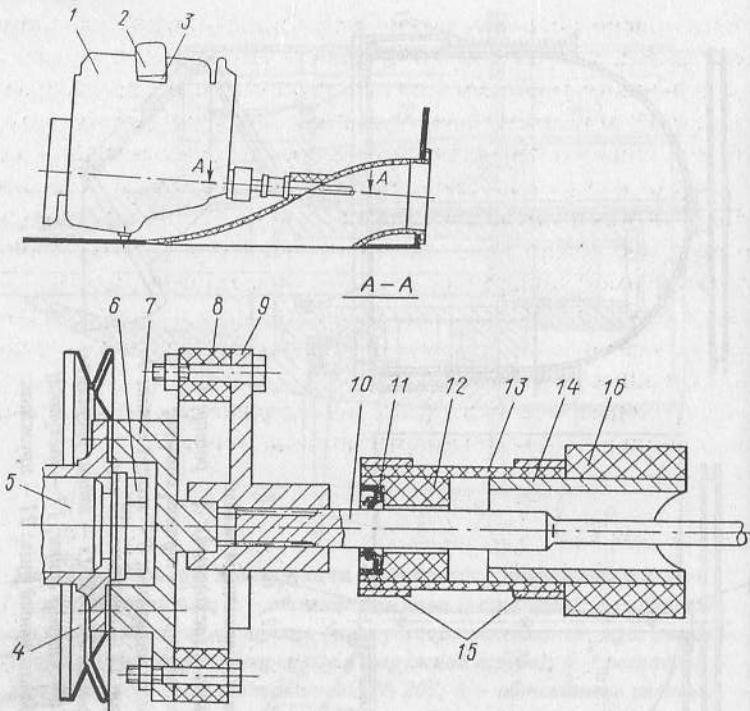


Рис. 108. Соединение коленчатого вала с валом движителя.  
 1 – двигатель; 2 – карбюратор; 3 – прокладка (обеспечивает правильное положение карбюратора при наклоне двигателя и дифференте катера); 4 – шкив; 5 – коленчатый вал; 6 – подрезанный храповик; 7 – переходник (самодельный) для соединения с эластичной муфтой; 8 – эластичная муфта от автомобиля «Жигули»; 9 – фланец от автомобиля «ГАЗ-51»; 10 – тorsiонный вал водомета; 11 – резиновая манжета; 12 – направляющая втулка с водосгонной резьбой (капроновая), обеспечивает равномерное прилегание кромок манжеты при вибрации вала; 13 – дюротовый шланг; 14 – металлический патрубок, приформованный к водоводу; 15 – хомуты; 16 – водовод.

вают пружины и отгибает реверсивную заслонку, пуская воду под днище катера. Если установить привод, принудительно отключающий заслонку (при положении руля прямо и большой скорости катера), получается хороший гидротормоз. Вода, захваченная заслонкой, сбивает струю водомета, двигатель сбавляет обороты, заслонка тормозит, катер быстро останавливается. С

таким приспособлением можно получить задний ход с полного хода вперед. Заслонка должна опускаться ниже днища катера.

Дальнейшим развитием этой конструкции реверса явилась разработка И. Новикова, главное отличие которой состоит в том, что реверсивная коробка имеет не одно, а два реверсивных окна, каждое из которых снабжено заслонкой заднего хода. Коробка может быть выполнена в виде полого тонкостенного цилиндра (в этом случае можно добиться минимального веса всего устройства) или иметь поперечное сечение в виде многоугольника.

Коробка выполняется сварной конструкции из листовой нержавеющей стали  $\delta = 1,5-3$  мм. Фланец коробки крепится болтами к фланцу сопла.

Реверсивные заслонки 3 (рис. 109) удерживаются в закрытом положении при помощи амортизационного шнура 11.

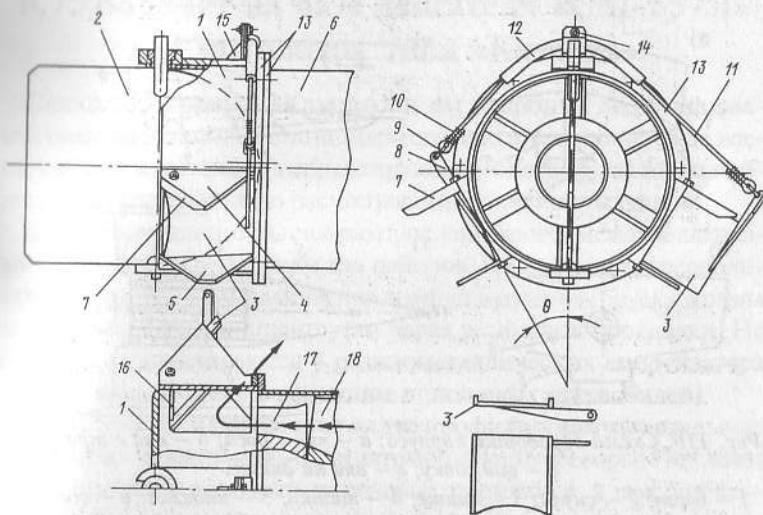


Рис. 109. Конструкция реверсивно-рулевого устройства.

1 – реверсивная коробка; 2 – руль  $\delta = 3-5$ ; 3 – реверсивная заслонка; 4,5 – отражатели; 6 – сопловая часть водомета; 7 – упор реверсивной заслонки; 8 – кронштейн; 9 – крючок с кольцом, стальная проволока  $\varnothing 2-4$  мм; 10 – бандаж, контровочная проволока; 11 – амортизаторный резиновый шнур  $\varnothing 6-12$  мм; 12 – дюротовый шланг; 13 – фланец реверсивной коробки и сопла; 14 – хомут,  $\delta = 0,5-1$  мм; 15 – кронштейн; 16 – ось реверсивной заслонки  $\varnothing 5-8$  мм; 17 – лопатка спрямляющего аппарата; 18 – ротор.

Достоинства такого способа — в простоте регулировки необходимой силы удержания заслонок и отсутствии пружин, которые подвержены коррозии.

## 6.6. Улучшение работы водомета на волнении

Как уже указывалось, при плоском или малокилеватом днище на волнении происходит аэрация — подсасывание воздуха в водовод, которую устраниить можно несколькими способами. Ниже перечислены такие способы в порядке увеличения трудоемкости.

1. На днище установить гидродинамические шайбы-щитки по бокам водозаборника высотой 60–100 мм трапециевидного сечения; ширина у основания около 40 мм, на внешней кромке — 20 мм. Длина щитков должна быть примерно на 10% больше длины водозаборника. Носовую часть щитков нужно заострить (рис. 110).

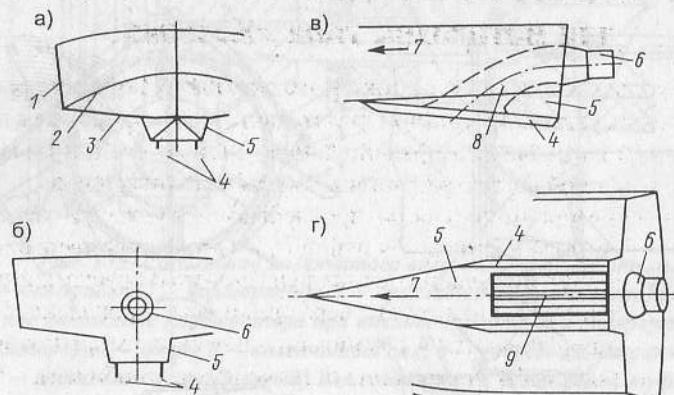


Рис. 110. Схема доработки корпуса: а — вид с носа; б — вид с транца; в — вид сбоку; г — вид на днище.

1 — борт; 2 — скулья; 3 — днище; 4 — щитки; 5 — наделка; 6 — сопло водометного движителя; 7 — направление движения; 8 — водовод; 9 — решетка водозаборника.

2. Изготовить на днище пирамидальную наделку для водозаборника. Ее можно сделать из твердого пенопласта или в виде коробки из фанеры с последующей оклейкой стеклотканью.

3. Увеличить килеватость днища. Обычно на водометных катерах угол внешней килеватости днища рекомендуется принимать равным  $12,5^\circ$ , а для мореходных катеров — до  $23^\circ$ .

Эксперимент нужно проводить в следующем порядке:

- только установка щитков;
- установка наделки;
- установка щитков и наделки;
- увеличение килеватости днища;
- установка на килеватое днище наделки (или наделки со щитками).

Щитки, наделка и увеличение килеватости приведут к повышению сопротивления корпуса, а движение при сильном волнении потребует увеличения прочности корпуса. Так что, повысив мореходность катера, можно проиграть в его скорости. Возможно, что при выполнении «полного комплекса» доработок (килеватость  $23^\circ$  + наделка + щитки) катер не выйдет на режим глиссирования, и потребуется заменить двигатель на более мощный.

## 6.7. Водомет на базе двигателя «СМ-557Л» для мотолодок типа «Казанка»

Поскольку корпуса «Казанок» и им подобных лодок не рассчитаны на установку стационарного двигателя, то, прежде всего, следует изготовить амортизирующую систему, гасящую вибрацию и исключающую расшатывание заклепочных швов.

Дюралевые шпангоуты еще раз проклеиваются между заклепками по днищу и креплениям для пайолов. Из древесины твердолиственных пород изготавливаются два фундаментных бруска, концы которых крепятся к шпангоутам через резиновые прокладки. На брусках устанавливаются 4 резинометаллических амортизатора (можно использовать подходящие от легковых автомобилей).

Двигатель устанавливается на две профилированные стальные пластины, сделанные из листа автомобильной рессоры. Под лапы двигателя надо положить резиновые прокладки, а под болты — резиновые втулки. Двигатель в сборе с пластинами устанавливается на амортизаторы и закрепляется гайками. Такая тройная амортизация полностью гасит вибрацию, которую создает работающий «СМ-557Л» (рис. 111).

Конструкция позволяет регулировать наклон и положение двигателя по вертикали и по горизонтали и устанавливать его строго по оси гребного вала.

Выходной вал двигателя соединен с гребным валом через карданную передачу (от мотоцикла «К-750», «Урал») (рис. 112).

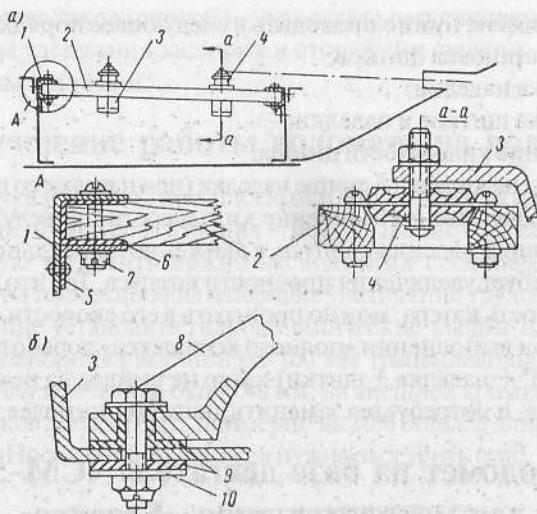


Рис. 111. Установка двигателя с амортизацией.

1 – шпангоут; 2 – брус фундамента: дуб, 30 x 80; 3 – опорная полоса; 4 – амортизатор; 5 – опорный угольник; 6, 9 – резиновая прокладка; 7 – винт крепления бруса; 8 – лапа двигателя «СМ-557Л»; 10 – шайба.

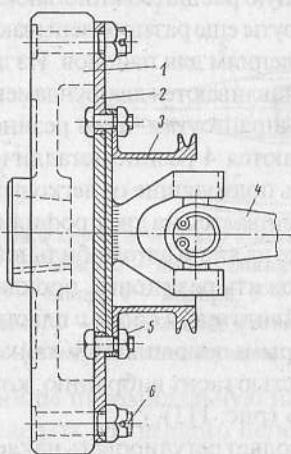


Рис. 112. Крепление карданного вала к двигателю.

1 – маховик двигателя; 2 – диск  $\delta = 4$ ; 3 – шкив тахометра – кожух шарнира; 4 – карданный вал от мотоцикла «К-750»; 5 – болт M6; 6 – призонный болт с конусной гайкой.

На малых оборотах угол излома оси валов составляет всего 1-1,5°; на средних и больших оборотах оси валов совмещаются, и излом кардана практически отсутствует, благодаря чему передача работает мягче и служит дольше.

Для контроля за работой двигателя следует установить указатель температуры воды и механический тахометр. Приведение числа оборотов двигателя в соответствие с параметрами имеющегося тахометра осуществляется с помощью системы шкивов (рис. 113). В зависимости от оборотов на выходе к тахометру следует изменить число делений на его циферблате.

В качестве указателя температуры можно использовать простейший капиллярный температурный датчик (например, от старого судового дизеля «ЗД6») с тросом длиной 4,5 м. Горячая вода от двигателя проходит через датчик, а затем через регулировочный кран выходит в выхлоп, одновременно охлаждая трубу с дюритовыми соединениями и гася звук выхлопа.

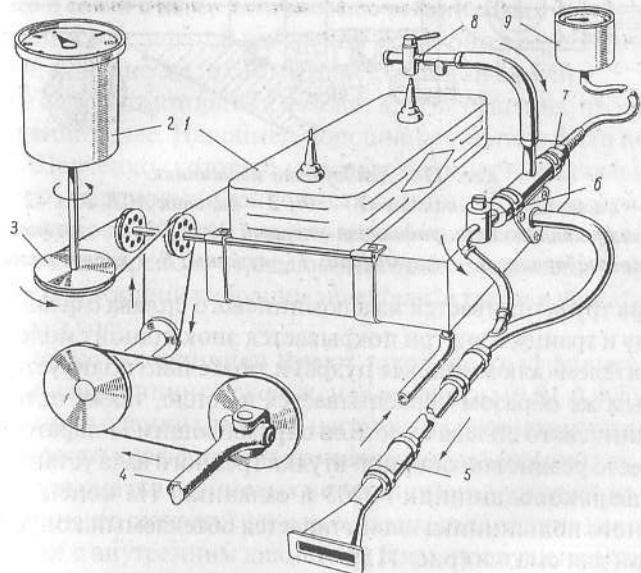


Рис. 113. Схема привода тахометра и установки температурного датчика. 1 – двигатель «СМ-557Л»; 2 – тахометр; 3 – привод тахометра; 4 – карданный вал; 5 – выхлопная труба; 6 – кран регулировки температуры в системе охлаждения; 7 – датчик температуры; 8 – контрольный кран системы охлаждения; 9 – указатель температуры.

Выхлопная труба выводится в угол транца и днища около сопла водомета. Выхлопное окно выполняется в виде щели, что существенно снижает уровень шума.

В целях увеличения экономичности двигателя его штатный карбюратор следует заменить на карбюратор от подвесного мотора сходной мощности (например, от «Ветерка-12»). После соответствующих регулировок расход горючего можно снизить до 4 кг/час.

Водометный движитель во многом сходен с тем, который был разработан еще в начале 60-х годов для «СМ-557Л». Был реконструирован узел упорного подшипника, который перенесен с двигателя на корпус водозаборной трубы (рис. 114).

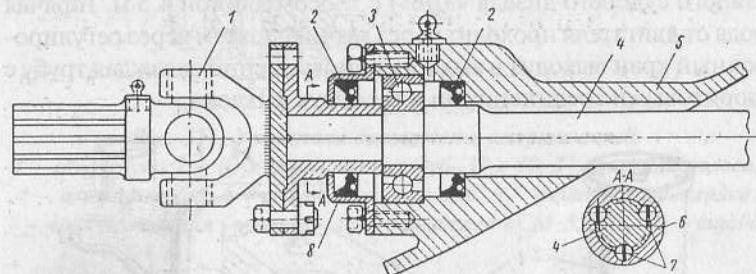


Рис. 114. Дейдвудный подшипник.

1 – кардан от мотоцикла «К-750»; 2 – сальник АСК 25 x 42 x 9; 3 – шарикоподшипник радиально-упорный №36204; 4 – гребной вал; 5 – водозаборник; 6 – полумуфта; 7 – гужонки; 8 – корпус сальника.

Сама труба отливается из алюминиевого сплава с фланцами к днищу и транцу, а внутри покрывается эпоксидной смолой с наполнителем (алюминиевая пудра) и тщательно полируется. Подобным же образом обрабатывается и сопло, также отлитое из алюминиевого сплава вместе со спрямляющим аппаратом.

Вместо резиновой опорной втулки гребного вала устанавливается шарикоподшипник №203 и сальники. На конец корпуса опорного подшипника навинчивается обтекаемый конус с масленкой для смазки (рис. 115).

Четырехлопастной ротор сваривается из нержавеющей стали 2Х13, полируется и балансируется; его диаметр 180 мм, шаг – 130 мм, дисковое отношение 0,6. Лопасти имеют плосковыпуклое сечение с наибольшей толщиной у ступицы 3,7 мм и на концах – 1,5 мм. Крепится ротор к дюоралевой втулке на левой резьбе.

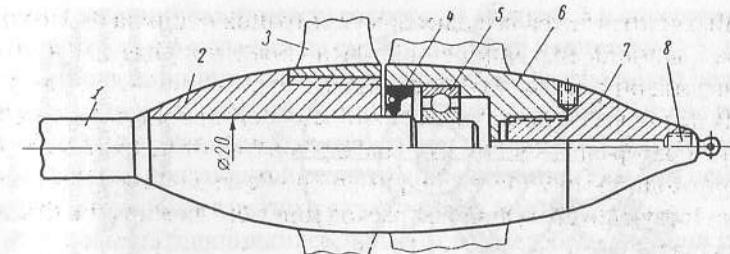


Рис. 115. Концевая опора гребного вала.

1 – гребной вал; 2 – втулка, напрессованная на вал; 3 – ротор; 4 – сальник АСК 20 x 40 x 9; 5 – подшипник № 203; 6 – корпус спрямляющего аппарата; 7 – гайка-обтекатель; 8 – масленка.

## 6.8. Резиновые подшипники для водомета

Как уже упоминалось, в водометных движителях обычно используются смазывающиеся маслом шариковые подшипники. Однако в связи с негерметичностью сальниковых уплотнений и попадания в сепаратор забортной воды они часто выходят из строя и, конечно же, в самый неподходящий момент.

Многие водномоторники находят другие решения, чтобы снизить трение в узле. Например, хорошие результаты были получены В. Шевченко, который использовал вместо радиального и упорного шариковых резиновые подшипники. Благодаря этому удалось упростить конструкцию водомета, использовать тонкий гребной вал-торсион, передающий только вращающий момент и компенсирующий вибрации двигателя, а также избежать утечки масла в воду.

Резиновые подшипники имеют такой же коэффициент трения, как и подшипники скольжения из бронзы (0,01-0,005), причем при повышении удельной нагрузки на подшипник и окружной скорости коэффициент трения резины уменьшается.

Вода для смазки резиновых подшипников поступает из сопла водомета через сетчатый фильтр системы охлаждения двигателя. По трубке с внутренним диаметром 8 мм, пропущенной внутри клиновой лопатки, основная часть воды подводится одновременно к радиальному и упорному подшипникам (рис. 116, здесь трубка 11 условно показана в диаметральной плоскости).

Часть воды проходит через радиальный подшипник и поступает в зазор между втулкой сопла 4 и ротором 14, а другая часть проходит

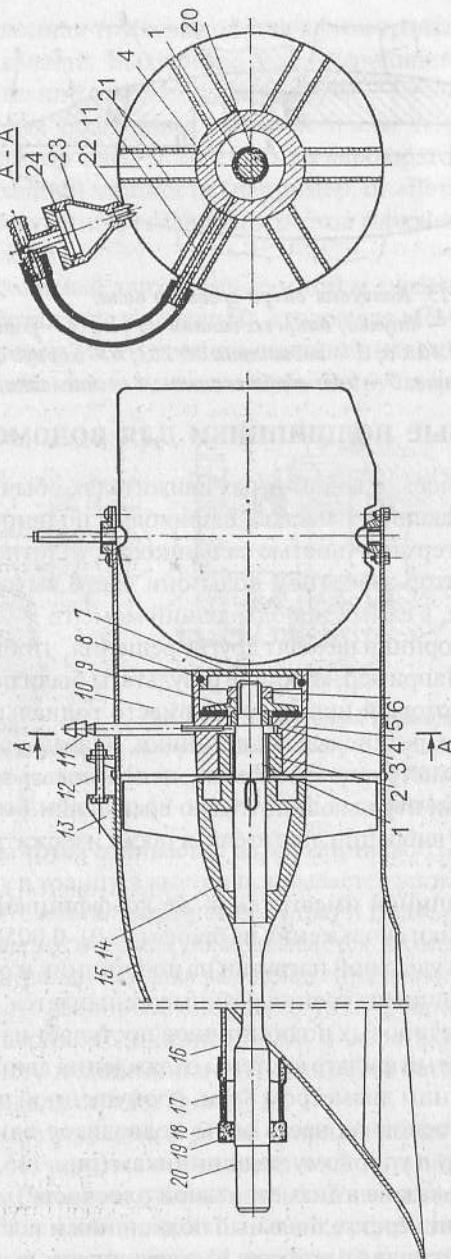


Рис. 116. Конструкция водомета.

1 – резиновая оттулка; 2 – промежуточная оттулка; 3 – распорная оттулка; 4 – оттулка сопла; 5 – резиновая шайба,  $d_{\text{ш}} = 35 \text{ мм}$ ,  $d = 85 \text{ лм}$ ,  $\delta = 5 \text{ мм}$ ; 6 – контргайка  $M20 \times 1,5$ ; 7 – заглушка; 8 – уплотнительное кольцо; 9 – упорная шайба; 10 – клиновая лопатка сопла; 11 – трубка подачи смазывающей воды  $d_{\text{ш}} = 8 \text{ мм}$ ; 12 – болт крепления сопла  $M10 \times 1,3 \text{ шт.}$ ; 13 – кронштейн; 14 – ротор; 15 – водозаборник; 16 – ниппель; 17 – резиновый шланг; 18 – корпус патрубок; 19 – резиновое колыцо  $d_{\text{ш}} = 28 \text{ мм}$ ; 20 – гребной вал; 21 – клиновая лопатка сопла; 22 – резьбовой патрубок; 23 – корпус фильтра  $\varnothing 70 \text{ мм}$ ,  $h = 90 \text{ лм}$ ; 24 – перегибаемая сетка  $\varnothing 60 \text{ лм}$ .

через кольцевой зазор между распорной втулкой 3 и отверстием втулки сопла 4 и попадает на смазку упорного подшипника 5. Из упорного подшипника благодаря разрежению вода выходит через центральное резьбовое отверстие заглушки 7. Заглушка 7 имеет уплотнительное резиновое кольцо 8, за счет которого она закрепляется в расточке под упорный резиновый подшипник. Резьба в центральном отверстии заглушки служит для ее демонтажа.

Резиновые подшипники изготовлены из маслобензостойкой резины толщиной 5 мм средней твердости. Радиальный подшипник представляет собой резиновую втулку 1 (ее длина 64 мм, наружный диаметр 32 мм), которая вырезана из листовой резины и вставлена в промежуточную втулку. Промежуточная втулка изготовлена из нержавеющей стали и запрессована во втулке сопла. Она имеет внутренний буртик, предотвращающий смещение резиновой втулки в сторону пера руля. Для прохода воды и смазки подшипника на внутренней поверхности резины необходимо предварительно прорезать 6 канавок. На торцевой поверхности, обращенной к ступице ротора 14, следует прорезать канавки, обеспечивающие выход воды и песчинок. Чтобы получить канавки удовлетворительного профиля глубиной 2–2,5 мм, лист резины нужно согнуть вдвое, зажать в тиски и срезать ножом часть резины, выступающей над тисками (рис. 117).

Резиновая шайба 5 (рис. 117) упорного подшипника вырезается из такой же листовой резины. На ней описанным способом наносятся 12 радиальных канавок. Как показал многолетний опыт, приклеивать резину к корпусу подшипника не нужно. От проворачивания она удерживается за счет трения: вал 20 и упорная шайба 9 в зоне контакта с резиной имеют полированную поверхность, а с обратной стороны резина соприкасается с шероховатой поверхностью, остающейся после токарной обработки.

Сетчатый фильтр для забора охлаждающей воды сделан в виде конической емкости, в которой зажата мелкая сетка из нержавеющей проволоки. Сетка задерживает песок и мелкую гальку. При повышении температуры двигателя (это означает, что корпус фильтра заполнен песком и галькой и не пропускает воду в систему охлаждения двигателя) достаточно заглушить двигатель, и содержимое фильтра вытечет назад, в сопло водомета. Через несколько секунд движение можно продолжить. При достаточно надежном креплении сетки фильтр не требует ухода. Он наворачивается на резьбовой штуцер 22, имеющий отверстие  $\varnothing 12 \text{ мм}$  и козырек высотой 10 мм внутри сопла.

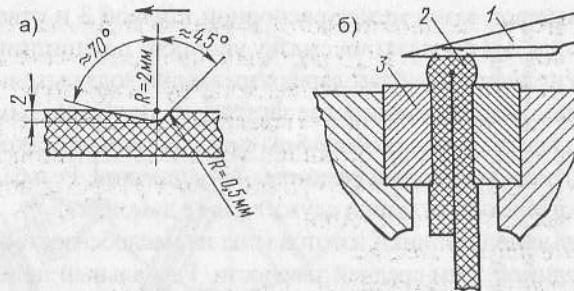


Рис. 117. Форма и способ изготовления резинового подшипника.  
а – предпочтительная форма канавок резинового подшипника;  
б – схема зажима резиновой полосы.

Такая конструкция обеспечивает охлаждения водой двигателя и смазку упорных подшипников под давлением более 1 атм.

Уплотнение переднего конца гребного вала выполнено при помоици уплотнительного резинового кольца с внутренним диаметром 28 мм, равным диаметру вала. Такие кольца применяются в гидро- и пневмоцилиндрах. Кольцо установлено в канавке прямоугольного сечения корпуса уплотнения 18. Чтобы оно постоянно смазывалось водой в зоне контакта с валом, канавка под кольцо проточена с перекосом 1,5-2 мм от плоскости, перпендикулярной оси гребного вала. Для расчета резиновых подшипников можно использовать материалы (6).

В описываемом водомете, как и в водомете А. Братишко и др. (см. выше), было применено сопло с лопаточным поджатием струи. Автором также отмечается определенный выигрыш в скорости и значительное увеличение прочности конструкции сопла с клиновидными лопатками.

Использование балансирного непрофицированного руля, установленного за двумя вертикальными лопатками спрямляющего аппарата позволяет разворачивать лодку на месте при малой частоте вращения двигателя. При перекладке руля перпендикулярно диаметральной плоскости катер практически останавливается.

## 6.9. «Полуторцевой» водомет

Как известно, максимальным пропульсивным КПД обладают так называемые торцевые водометы, т.е. не имеющие водовода. Однако их конструктивное исполнение довольно сложно. В ка-

честве примера «компромиссного» варианта водомета, который обладает повышенным КПД по сравнению с водометами традиционной конструкции, приводим конструкцию «полуторцевого» водомета, который немного выступает под днище катера.

Этот водомет был разработан Ю. Мухиным с группой товарищей и предназначался для комфортабельного мореходного катера самостоятельной постройки.

### Основные данные катера

Длина корпуса наибольшая, м ..... 5,8

Ширина наибольшая, м ..... 2,5

Высота борта в носу/на транце, м ..... 1,1/1,2

Полное водоизмещение, кг ..... 1450

Пассажировместимость, чел ..... 3-5

Таблица плавовых ординат и теоретический чертеж катера приведены на рис. 118.

При диаметре ротора 300 мм его центр лежит выше уровня днища всего на 50 мм. Это позволяет существенно сократить длину водовода, уменьшить углы поворота потока, улучшить подвод воды к ротору за счет «полуторцевого» исполнения и понизить высоту подъема воды. Ширина входного окна равна 450 мм, длина – 600 мм. В нем установлена защитная решетка, состоящая из четырех стальных полос шириной 40 мм, толщиной 3 мм и расстоянием между ними 70 мм. Решетка защищает выступающую под днище часть насоса от ударов о подводные препятствия и не пропускает крупные предметы в лопастную систему.

Немаловажным достоинством «полуторцевого» водомета является уменьшение чувствительности входного окна водовода к изменению режима обтекания, следовательно, и к возможным ошибкам при проектировании.

Сопло выполнено коротким с диаметром выхода 267 мм. Внутри сопла расположен подшипниковый узел в корпусе диаметром 103 мм. Корпус подшипников крепится к соплу при помощи четырех лопаток спрямляющего аппарата. Лопатки имеют тупые задние кромки, совпадающие со срезом сопла, что позволяет подвести атмосферное давление к заднему торцу подшипникового узла и свести до минимума разрежение за ним.

В узле подшипников, воспринимающем тягу ротора, установлен короткий гребной вал, на переднем конце которого размещен трехлопастной ротор диаметром 298 мм и дисковым отно-

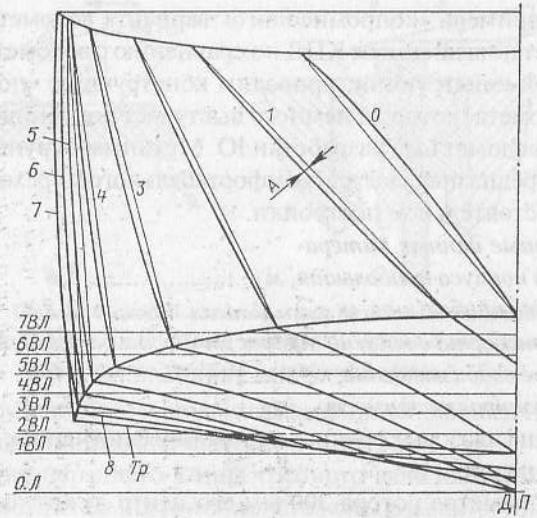


Таблица плазовых ординат

Шпация от шп. 1 до шп. 8 — 600 мм; обе концевые шпации — 800 мм  
Расстояние между ватерлиниями — 50 мм, между ОЛ и 1ВЛ — 100 мм

№ шп.	Высоты от ОЛ, мм				Полушироты от ДП, мм								Стрелки потока тойтимерса А
	Борт—Б	Скула—Ск	Киль—К	Борт—Б	Скула—Ск	1ВЛ	2ВЛ	3ВЛ	4ВЛ	5ВЛ	6ВЛ	7ВЛ	
0	1110	450	1110	550	0	—	—	—	—	—	—	—	-21
1	1135	440	330	820	155	—	—	—	—	—	—	—	20
2	1155	405	100	977	600	—	—	—	—	—	—	—	16
3	1170	368	28	865	150	260	380	582	750	922	—	—	18
4	1180	322	0	1125	1010	300	450	595	737	936	—	—	18
5	1188	275	0	1137	1069	425	582	750	922	—	—	—	19
6	1195	245	18	1145	1090	475	660	855	—	—	—	—	20
7	1200	222	40	1150	1100	475	695	950	—	—	—	—	20
8	1200	205	70	1150	1100	400	750	1068	—	—	—	—	20
Tr.	1200	192	95	1150	1100	225	750	—	—	—	—	—	20

Рис. 118. Теоретический чертеж катера и таблица плазовых ординат.

шением 0,8. Ротор вынесен за пределы сопла вперед и вращается в специальном кольце, заформованном в корпусе водомета. На кольце имеется фланец, к которому крепится сопло с подшипниковым узлом и ротором.

Впереди ротора на конце короткого гребного вала размещена шлицевая полуумфта. Она входит в сопрягаемую часть, закреп-

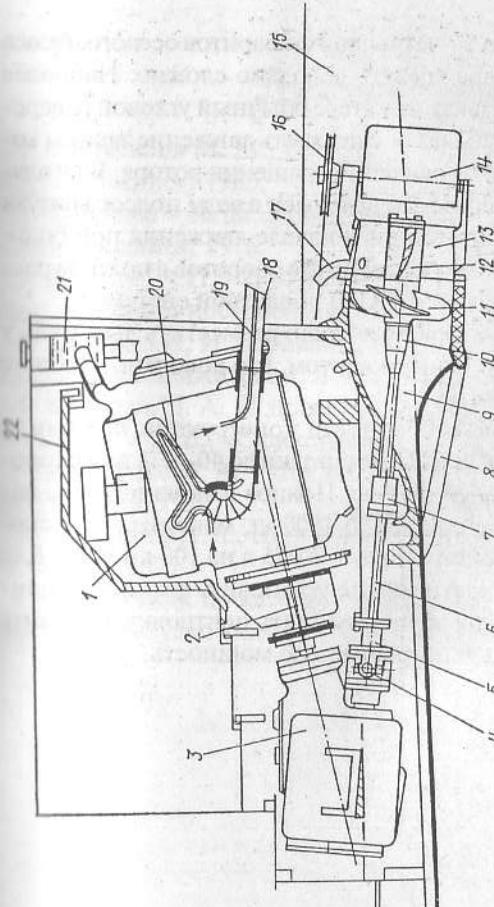


Рис. 119. Конструкция «полупортугесового» водомета.

- 1 — двигатель «ГАЗ-24» (65 л.с.); 2 — карданный шарнир («ГАЗ-24»); 3 — реверсивный механизм; 4 — карданный шарнир («ГАЗ-24», «УАЗ-469»); 5 — предохранительная муфта; 6 — гребной вал; 7 — манжетное уплотнение; 8 — защитная решетка водомета; 9 — входной соленоид; 10 — выход 300 мм; 11 — перо руля; 12 — подшипниковый узел; 13 — соленоид, Ø входа 300 мм; 14 — перо руля; 15 — трансверзальная пластина; 16 — колесо; 17 — трубка отбора воды; 18 — выпускная труба Ø 80 мм; 19 — трубка эжектора картерных газов; 20 — выпускной коллектор с напорной трубкой охлаждения; 21 — капот двигателя со звукоизоляцией.

ленную на заднем конце основного гребного вала, который передним концом соединен с реверс-редуктором через предохранительную муфту с карданным шарниром. Такая конструкция валовой линии позволяет компенсировать все монтажные погрешности. Для более точной установки шага лопасти ротора сделаны поворотными.

Следует отметить, что из-за больших габаритов осевого насоса компактный гидрореверс сделать довольно сложно. Наиболее простой выход – установить на катере обычный угловой реверс-редуктор, который позволяет осуществить движение задним ходом за счет изменения направления вращения ротора. Благодаря тому, что водомет полностью погружен в воду, подсос воздуха на заднем ходу происходит лишь в начале движения при большой частоте вращения. Снижение числа оборотов в полтора раза позволяет несколько повысить КПД лопастной системы.

Наличие реверс-редуктора позволило разместить двигатель у самого транца под небольшим капотом, что довольно удобно с точки зрения обитаемости.

Перечисленные выше особенности конструкции позволили повысить пропульсивный КПД установки до 40-45% при скорости движения катера 26-28 км/час. Полное водоизмещение катера в данном варианте составило 1800 кг, максимальная скорость – 28 км/час, расход топлива – 70-75 л на 100 км пути. Для повышения экономичности можно установить транцевые плыты длиной до 1 м, что позволит улучшить центровку, понизить сопротивление корпуса и потребляемую мощность.

## Литература

1. Алибагов М. М., Бочкин В. Н. - Двигатели катеров. Л. «Судостроение», 1985.
2. Х. Баадер – Разъездные туристские и спортивные катера. Л. «Судостроение», 1976.
3. Давыдов А.П. – Резиновые подшипники в машиностроении. Л., «Машиностроение», 1976.
4. Ерлыкин И. И., Привалов Э. И., Павленко А. Н. - Катер с водометным движителем. Л. «Судостроение», 1969.
5. Курбатов Д. А. 15 проектов судов для любительской постройки. 3-е изд. Л., «Судостроение», 1985.
6. Мавлюдов М. А. – Движители быстроходных судов. Л. «Судостроение», 1973.
7. Романенко Л. Л., Щербаков Л. С. Моторная лодка. Л. «Судостроение», 1971.
8. Справочник по катерам, лодкам и моторам. Под ред. Г. М. Новака. Л. «Судостроение», 1982.