

021.762  
2937

И. М. ДЬЯЧЕНКО

**ЭКОНОМИКА  
Порошковой  
МЕТАЛЛУРГИИ**

· МЕТАЛЛУРГИЯ ·

И. М. ДЬЯЧЕНКО

621.762

99

# ЭКОНОМИКА ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
БИБЛИОТЕКА  
ЧЕЛЯБИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ЧЕЛЯБИНСК  
«МЕТАЛЛУРГИЯ»  
ЧЕЛЯБИНСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
1990

99

УДК 338.45.01:621.762

621.762, 338.45

Рецензент докт. экон. наук В. И. Чепланов

УДК 338.45.01:621.762

**Экономика порошковой металлургии.** Дьяченко И. М.: Челябинск: Металлургия, Челябинское отделение, 1990. 152 с.

Освещена роль порошковой металлургии и порошковых покрытий в развитии научно-технического прогресса. Дается научное обоснование эффективности и конкурентоспособности новых материалов. Приводятся методика и методология расчетов прогрессивных норм и нормативов многоцелевого назначения. Уделяется внимание экономико-математическому моделированию, формированию затрат и себестоимости новых видов продукции. Освещаются теория и практика ценообразования, методы расчета соотношения и уровня цен на продукцию порошковой металлургии.

Для инженерно-технических работников, экономистов — специалистов металлургии, машиностроения и других отраслей народного хозяйства, связанных с производством и потреблением спеченных изделий и деталей, а также порошковых покрытий. Ил. 2. Табл. 17. Библиогр. список: 6 назв.

Д  $\frac{2601000000-112}{040(01)-90}$  29-89

ISBN 5-299-00283-2

© И. М. Дьяченко

© Издательство «Металлургия», 1990.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
<b>Глава 1. Новые материалы и технологии — основа современной техники и производства</b>	5
1. Научно-технический прогресс и потребительские свойства новых материалов и изделий из них	5
2. Порошковая металлургия и порошковые покрытия — новая отрасль производства	8
3. Основные направления развития порошковой металлургии и порошковых покрытий	14
<b>Глава 2. Эффективность развития порошковой металлургии и порошковых покрытий</b>	17
1. Аналоги и конкуренты порошковой металлургии и порошковых покрытий	17
2. Экономическая эффективность порошковой металлургии и порошковых покрытий	26
3. Методы определения экономической эффективности производства и применения изделий порошковой металлургии и порошковых покрытий	44
<b>Глава 3. Себестоимость продукции порошковой металлургии и порошковых покрытий</b>	82
1. Факторный анализ себестоимости продукции	82
2. Основные принципы формирования затрат в порошковой металлургии	93
3. Расчет себестоимости изделий порошковой металлургии с применением математического аппарата	107
<b>Глава 4. Ценообразование на продукцию порошковой металлургии как инструмент стимулирования научно-технического прогресса</b>	122
1. Обоснование уровня рентабельности и цен на продукцию порошковой металлургии	122
2. Метод построения преискуранта цен на продукцию порошковой металлургии	132
Библиографический список	153

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из новых, бурно развивающихся отраслей является порошковая металлургия, включающая собственно порошковую металлургию, производство порошковых покрытий и композиционных материалов, получаемых термическим, химико-термическим, химико-механическим способами, а также давлением и литьем. Значение новых отраслей в развитии научно-технического прогресса и коренной перестройке управления на основе экономических методов привело к созданию межотраслевого научно-технического комплекса по решению проблемы «Порошковая металлургия» на базе головного института — Института проблем материаловедения АН УССР (ИПМ).

В институте наряду с большой организаторской работой, масштабными и научно-техническими исследованиями под руководством акад. В. И. Трефилова более 20 лет проводятся работы в области экономики и ценообразования порошковой металлургии, у истоков которых стояли видные ученые-материаловеды акад. АН УССР И. Н. Францевич, И. М. Федорченко, чл.-корр. АН УССР В. Г. Самионов, докт. техн. наук И. Д. Радомысельский и др.

Многолетний опыт технико-экономических исследований позволил обобщить накопленный материал и в рамках ограниченного объема книги более полно осветить экономические проблемы становления и развития порошковой металлургии в стране, ее роль и место в научно-техническом прогрессе, экономическую эффективность и конкурентоспособность порошковых материалов и технологий на современном этапе развития и в перспективе. В книге изложены методика и методология экономической оценки производства и использования новых технологий и основных видов материалов и изделий из них, методология расчета многоцелевых нормативов. Приводятся также сведения, представляющие значительный интерес для практики, в частности методический подход и рекомендации для определения потребительских свойств новых материалов и их конкурентоспособности.

Автор признателен Л. П. Базаровой, Л. А. Жильцовой, М. С. Пасичной и другим специалистам ИПМ АН УССР за большую помощь в подготовке и оформлении книги.

# Глава 1. НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ — ОСНОВА СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ И ПРОИЗВОДСТВА

## 1. Научно-технический прогресс и потребительские свойства новых материалов и изделий из них

Создание новой техники, дальнейшее ее развитие и совершенствование в условиях научно-технической революции невозможно без применения принципиально новых материалов, нередко с наперед заданными свойствами и не имеющих аналогов. Кроме того, одним из требований развития научно-технического прогресса является рациональное использование материальных затрат, т. е. прошлого труда, который в современной машине составляет более 60%. Чтобы изменить удельный расход материалов, необходимо повысить их качество, потребительские свойства и в конечном итоге степень их новизны. Степень новизны материалов возрастает с улучшением их потребительских свойств, а также с улучшением качественных характеристик в соответствии с мировыми достижениями.

За последние десятилетия произошли коренные преобразования научно-технической базы и технологии производства. Возникли новые направления межотраслевых производств, целые отрасли по производству новых материалов. Одновременно произошли коренные преобразования в традиционных отраслях и технологиях получения и обработки материалов. Так, вместо механической обработки начали применять электрофизические, электрохимические и другие технологические методы.

Новые материалы реализуют свои потребительские свойства в деталях и изделиях и в совокупности позволяют наделять конечный продукт комплексом потребительских свойств, таких, как качество, износостойкость, надежность.

Потребительские свойства, удовлетворяющие какой-либо вид потребности, характеризуются определенными признаками, которые можно группировать в классы, подклассы, группы, подгруппы, виды. Так, все детали делятся на отраслевые и общемашиностроительные.

Классификационные характеристики для каждой отрасли потребления различны, но для большинства деталей и изделий одинаковы: служебное назначение, вид и марка материала, масса, габаритные размеры, технология получения и т. д. По мере совершенствования техники и технологии производства новых материалов возрастает степень конкретности классификационных признаков.

Однако это не позволяет в достаточной мере исследовать потребительские свойства новых материалов, существенным элементом которых является техническая и экономическая эффективность производства и применения деталей и изделий. Материалы, из которых они могут быть получены, как правило, в большинстве случаев взаимозаменяемы. Детали и изделия, получаемые из этих материалов, имеют необходимый набор потребительских свойств, однако по стоимости основного материала и технологии получения они

значительно различаются. При этом для потребителя не имеет значения, каким способом изготовлено данное изделие, из какого материала, с какими затратами создана его потребительная стоимость. В то же время для народного хозяйства решающими являются затраты на производство продукции и экономическая эффективность ее производства и потребления.

Затраты и экономическая эффективность — основные исходные данные, которые должны быть положены в определение величины стоимости.

Изучение литературных источников позволяет сделать выводы, что в отношении новых материалов, изделий и деталей на их основе такая экономическая категория, как потребительная стоимость, мало изучена. Отсутствуют методика и методология ее определения для новых материалов. В отраслях, производящих изделия и детали на основе новых материалов, категория «потребительная стоимость» недостаточно используется на практике.

При расчете стоимости изделий и деталей на основе новых материалов в малой степени, а иногда методически неверно учитываются технико-экономические параметры качества, надежности, эффективности продукции. На практике делаются попытки проводить оценку по этим категориям, но методически недостаточно взаимосвязано с процессом определения потребительной стоимости. Так, в тракторостроении производится оценка по критерию качества.

Важнейшим оценочным инструментом являются нормы и нормативы. Госплан СССР ввел практику учета экономии металла за счет повышения технической характеристики машин через показатель «удельная металлоемкость», которая для тракторов марок ДТ и МТЗ снизилась в 2—2,5 раза.

Однако при оценке экономичности машин не принимается во внимание такой важный фактор снижения материалоемкости, как потребность в запасных частях, в то время как затраты на ремонт и техническое обслуживание превышают первоначальную стоимость, например, тракторов в 2—4 раза, или в весовом измерении — почти 1 млн т металла в год. По сути это капитальные затраты, которые обеспечивают повышение надежности машин. Зарубежный и отечественный опыт дает основание утверждать, что каждый рубль, вложенный в повышение надежности техники, дает 6—10 руб. экономического эффекта.

Одновременно с мероприятиями по снижению удельной материалоемкости гусеничных и колесных пахотных и пропашных тракторов выполнялись работы по повышению износостойкости и усталостной прочности наиболее нагруженных деталей, лимитирующих надежность, а также другие мероприятия, повышающие ресурс машин. В результате ресурс 80% основных агрегатов сельскохозяйственных тракторов составляет 6—8 тыс. мото-ч.

Важнейший показатель надежности — наработка на сложный отказ универсально-пропашных тракторов — в настоящее время составляет 250—450, а пахотных 200—250 мото-ч. Следует учиты-

вать, что в доремонтном периоде практически исключена поломка корпусных и базовых деталей, в том числе несущих систем.

Одним из действенных средств повышения надежности изделий и деталей является стандартизация и другая нормативно-техническая документация. В тракторостроении 40% отказов техники возникает из-за нарушений производственной и технологической дисциплины, регулируемой соответствующими нормативными актами. Сюда относят дефекты сборки, отклонения от чертежных размеров деталей, нарушения режимов термообработки не только на предприятиях Минсельхозмаша, но и смежников. В конструкцию многих машин входят резиновые манжеты. Их отказ требует замены металлоемких деталей, нередко разборки двигателей.

На уровень надежности машин отрицательное влияние оказывают нарушения периодичности и технологии технического обслуживания машин и другие нарушения режима эксплуатации, вследствие чего уровень надежности тракторов на 30—50% ниже технически возможного.

Для устранения этих потерь и повышения нормативной надежности Минсельхозмаш СССР совместно с другими министерствами наметил ряд мероприятий, позволяющих в ближайший период увеличить ресурс тракторов на 8—10 тыс. мото-ч для 30% тракторов и их основных агрегатов при одновременном увеличении наработки на сложный отказ не менее чем на 20—30%.

Для повышения качественных характеристик машин очень важно то, что создание и освоение безремонтных узлов и агрегатов будет экономически связано со сроками их службы, повторного использования деталей после их износа. Это позволит сократить расход металла в 2—3 раза.

Неполная характеристика потребительских свойств новых материалов нередко приводит к искажению экономической значимости осваиваемой продукции — ее потребительной стоимости и стоимости. Важнейшим элементом, определяющим эти две категории, является экономический эффект от производства и потребления продукции из новых материалов, так как наличие технического эффекта еще не определяет потребительскую стоимость новой продукции. На практике расчет потребительной стоимости ограничивается зримой потребностью в новой продукции; тем самым снижается уровень ее эффективности. Потенциальная потребность, сроки и возможности ее удовлетворения (реализации) не изучаются или методически неверно обоснованы, отсутствует научно обоснованный подход к ее определению. Таким образом, неполное выражение свойств товара искажает его потребительную стоимость, не позволяет учесть в товаре затраты общественного труда, представляющего его стоимость. При этом искусственно создаются противоречия между потребительной стоимостью и стоимостью.

Устранить полностью эти противоречия даже в условиях социализма невозможно, но можно значительно уменьшить их от-

рицательное влияние на производственные отношения с помощью системного анализа свойств материалов и изделий, условий их производства и потребления, учета технологических, технических, организационных и экономических факторов, т. е. комплекса действительных мер научного обоснования стоимости новых материалов и изделий на их основе.

На примере порошковой металлургии и порошковых покрытий в этой работе сделана попытка раскрыть сущность потребительской стоимости, которая органически взаимосвязывает такие понятия, как качество изделий, способность их удовлетворять потребности в надежности, долговечности, экономии прошлого и живого труда и других свойствах изделия.

## **2. Порошковая металлургия и порошковые покрытия — новая отрасль производства**

Еще недавно порошковую металлургию называли новой отраслью науки и техники. В настоящее время порошковая металлургия — новая отрасль промышленного производства. Созданы и развиваются крупные цехи и специализированные предприятия. В научном аспекте эта отрасль объединяет собственно порошковую металлургию, композиционные материалы, порошковые покрытия. Созданию и развитию этих направлений предшествовало развитие фундаментальных наук — физики твердого тела, физической и неорганической химии.

Номенклатура продукции порошковой металлургии весьма разнообразная и сложная. Из порошков железа, цветных металлов, тугоплавких соединений и редкоземельных элементов на их основе получают конструкционные спеченные материалы; магнитомягкие и магнитотвердые материалы, пористые проницаемые материалы, пористый, многослойный прокат, электродную наплавочную ленту; резисторные, термоэлектрические, полупроводниковые, термоэмиссионные материалы, электроконтактные материалы, безвольфрамовые сплавы, твердые, инструментальные, износ- и эрозиейстойкие материалы на основе тугоплавких соединений, подшипниковые, фрикционные материалы, жаропрочные, огнеупорные и другие материалы и изделия из них.

Номенклатура композиционных материалов включает много видов и материалов и изделий из них, например: высокомодульные армирующие элементы, армированные металлические материалы, композиционные эрозиейстойкие и термостойкие огнеупорные материалы, теплоизоляционные и теплозащитные материалы, эластичные нагревательные элементы.

Порошковые материалы для нанесения покрытий представлены порошками одного названия (алюминия, бериллия, бора, ванадия и др.), оксидами (оксиды алюминия, гафния, бериллия, кремния, тантала и др.), порошками тугоплавких соединений (бориды вольфрама, ванадия, ниобия и др.), порошковыми смесями (карбиды

титана, хрома, никеля и др.), сплавами (бронзы алюминиевой, вольфрамокобальта, железо-медь и др.), композиционными порошками (никель—алюминий, никель—графит, никель—хром—бор—кремний и др.). Каждому виду материала, его назначению и свойствам соответствует своя технология получения, аппаратное оформление и обработка.

Спеченные изделия из порошков получают холодным и горячим прессованием, гидростатическим прессованием и прессованием взрывом, непрерывным формированием, муштажным и прессованием скошенным пуансоном, прокаткой металлических порошков. Велик также диапазон изделий по применению, назначению, форме, массе, сложности изготовления.

На выбор той или иной технологической схемы производства существенное влияние оказывают вид порошков, серийность продукции, размеры, форма, масса, а также другие технологические, технические и производственные факторы. Кроме того, к материалам и изделиям из них предъявляется ряд дополнительных требований. Так, для изготовления продукции общемашиностроительного назначения из порошков по типовой технологии (формования заготовки — прессования и ее спекания), предъявляется ряд дополнительных требований: высокий класс точности детали, высокая степень плотности материала и другие потребительские требования, позволяющие получать материалы и изделия с наперед заданными свойствами или не имеющие аналогов.

Порошковая металлургия как технологический метод по сути является безотходной. Одновременно она обеспечивает значительную экономию металлов, идущих при традиционной обработке в стружку. Нередко при этом не используется 50—70 % массы заготовок.

Кроме экономии металла в производстве, существенную экономию получают и при замене легированных сталей, цветных и драгоценных металлов на порошковые материалы<sup>1</sup>, в частности бронзы, латуни, меди, никеля и других цветных металлов и сплавов на железографит и бронзографит, а применение электроконтактных композиций сокращает расход серебра, золота, иридия и платины. Кроме экономии металлов при изготовлении спеченных изделий за счет сокращения операций производственного цикла в 2,0—2,5 раза повышается производительность труда в металлообработке. Преимущества порошковой металлургии и в экономии капитальных и других ресурсов.

Настоящую техническую революцию в машиностроении и металлообработке с точки зрения эффективности общественного производства могут вызвать покрытия из порошковых материалов, которые начали широко внедряться в промышленности. Назначение этого вида покрытий даже несколько шире, чем спеченных и композиционных материалов, широк и диапазон технологий.

Наиболее широко применяются газотермические методы нане-

<sup>1</sup> В дальнейшем по тексту — спеченные.

сения порошковых покрытий и их модификации (плазменное, детонационное, газопламенное) и диффузионные (шликерное, борирование, хромирование). Благодаря техническим и экономическим преимуществам материалы и изделия порошковой металлургии и порошковые покрытия широко применяются практически во всех отраслях народного хозяйства: машиностроении, электротехнике и электронной промышленности, металлообрабатывающей и горнодобывающей отраслях промышленности, в космической технике и атомной энергетике, химической и металлургической промышленности, в медицине.

Однако уровень развития порошковой металлургии еще не удовлетворяет потребности народного хозяйства, хотя, как считают специалисты, научный потенциал отрасли в нашей стране достаточно высок по сравнению с развитыми капиталистическими странами. Рост промышленного производства, особенно автомобильной, электротехнической, станкостроительной и инструментальной промышленности, тяжелого, тракторного и сельскохозяйственного машиностроения значительно опережает рост производства в порошковой металлургии. Примерно половина всего объема потребности в изделиях порошковой металлургии общемашиностроительного назначения составляют изделия, которые можно изготовлять методом порошковой металлургии, не прибегая к опытной проверке и доработке, а доля потребности, требующая практических испытаний и экспериментальных работ, составляет всего 10—15%. Остальная потребность удовлетворяется производством. Это в основном изделия крупных и массовых серий массой от 80 до 1000 г простой и средней сложности. Чтобы освоить производство сложных и весьма сложных деталей, необходимы в достаточном количестве специальные прессы, а для удовлетворения потребности в массовой продукции (для электротехники) — специальные автоматические линии.

Выше отмечалось, что производство изделий порошковой металлургии осуществляется более чем в 20 отраслях промышленности. В каждой отрасли имеются экспериментальные, экспериментально-производственные участки и отделения и лишь в нескольких министерствах — специализированные цехи и крупные участки. Централизованные предприятия и крупные специализированные цехи имеются в министерствах черной металлургии, автомобильной и электротехнической промышленности. Такая условная классификация позволяет определять уровень концентрации производства и потребность в специализированном оборудовании. Если проанализировать статистические данные, не учитывая сложившуюся специализацию, то на предприятиях с годовым объемом выпуска выше 5000 т производительность прессов и печей намного выше, чем на предприятиях с меньшим объемом производства.

Весьма разнообразна номенклатура материалов и изделий, получаемых спеканием порошков, но не менее широка она в подотрасли порошковых покрытий. Серьезное внимание уделяется разработке и промышленному применению различных методов нанесения и

разных типов защитных покрытий во всех развитых капиталистических странах. В США более 50 крупных научно-исследовательских центров и лабораторий занимаются высокотемпературными покрытиями, применяющимися в космической, ракетной и ядерной физике, авиации, радиоэлектронике, химическом и энергетическом машиностроении и других ведущих отраслях промышленности. Фирма «Юнион Карбайд Корп» (США) запатентовала еще в 1955 г. метод и устройство для использования детонации в газах с целью напыления покрытий, сосредоточив на этом важном направлении мощные силы конструкторов, технологов и материаловедов. К концу 60-х годов детонационные покрытия уже широко применялись в промышленности США. В настоящее время, обладая монополией на производство установок и технологию для напыления детонационных покрытий, фирма обслуживает нужды различных отраслей промышленности во всех промышленно развитых капиталистических странах. В 1974—1976 гг. фирма запустила в Швейцарии и ФРГ два мощных цеха по плазменному и детонационному напылению покрытий, которые позволили увеличить объем работ, оперативность выполнения заказов для стран Европы. Компания производит практически все необходимые порошковые материалы для нанесения покрытий (более 40 составов различного назначения).

Специализированные крупные фирмы Западной Европы широко развивают работы по созданию оборудования, материалов и технологии для нанесения газопламенных и плазменных покрытий, используемых не только для удовлетворения нужд промышленности своих стран, но и успешно экспортируют в другие страны.

В настоящее время уделяется большое внимание нанесению покрытий в нейтральных и защитных средах, что позволяет значительно расширить перечень наносимых материалов и улучшить качество покрытий.

Высокое качество покрытий определяется совершенством оборудования и степенью автоматизации процесса, а также специально подготовленными порошками для напыления, номенклатура которых составляет в капиталистических странах более 100 наименований. Специализированные фирмы в развитых капиталистических странах выпускают эти порошки в объеме и номенклатуре, обеспечивающих возможность их мирового промышленного применения.

В развитых капиталистических странах для защиты от атмосферной коррозии и воздействия пресной и морской воды все шире используются покрытия из алюминия и его сплавов, наносимые методами газотермического напыления. Эти покрытия обеспечивают защиту от коррозии на срок от 20 до 50 лет без применения промежуточных ремонтных операций, тогда как лучшие лакокрасочные покрытия имеют максимальный срок службы не более 7 лет и требуют за указанный период эксплуатации не менее 3—7 ремонтных перекрасок.

За счет газотермического напыления жаро-, износ- коррозионностойких покрытий может быть существенно увеличен ресурс

газотурбинных двигателей и дизелей. В США напыление защитных покрытий на наиболее ответственные и тяжелогруженные детали позволило поднять моторесурс моторов и дизелей в два с лишним раза. Экономический эффект от сокращения потерь от износа и коррозии и других вредных сред при эксплуатации орудий и средств труда в США составляет десятки миллиардов долларов при существующем ущербе приблизительно 70 млрд. долл. в год. В нашей стране от износа и коррозии теряется около 15 млн. т металла, а убытки составляют 50—60 млрд. руб. в год.

Итак, основная задача порошковых покрытий — повысить долговечность машин, защитить металл от коррозии, придать материалу специальные свойства, восстановить как можно больше изношенных деталей и получить при этом максимальный экономический эффект.

Установлено, что от перевода каждой тысячи тонн изделий общемашиностроительного назначения на изготовление методом порошковой металлургии (без учета потерь в металлургическом переделе) экономический эффект при замене черных металлов на порошковые только в производстве составляет 1300 руб., а при замене цветных металлов 2100 руб. При этом экономия металлов в среднем составляет 1500 т, трудовых ресурсов 190 человек. Экономический эффект при использовании 1 т порошкового материала для газотермического напыления в целом по народному хозяйству составляет 100 тыс. руб. в год.

В отличие от метода порошковой металлургии метод нанесения порошковых покрытий позволяет применять значительно больше конкурентоспособных технологий, каждая из которых имеет свои достоинства и недостатки. Наиболее простым является газопламенное напыление, достоинством которого являются простота технологии, невысокая стоимость оборудования и его эксплуатации. К недостаткам следует отнести высокую пористость получаемых покрытий, их низкое сцепление с материалом подложки, а также ограниченность используемых материалов из-за незначительной температуры пламени и наличия в нем кислорода.

Метод плазменного напыления можно отнести к процессам с более широкими технологическими возможностями получения покрытий с достаточно высокими тепловыми и скоростными характеристиками, что делает этот способ удобным для формирования покрытий из тугоплавких соединений. Это позволяет расширить круг материалов, применяемых в плазменном напылении, по сравнению с газоплазменным и несколько увеличить плотность и улучшить сцепление получаемых покрытий с материалами подложки.

Однако, чтобы получить хорошую плотность сцепления, требуется предварительная подготовка обрабатываемой поверхности. Отсутствие кислорода в плазмообразующем газе лишь уменьшает изменение химического состава напыляемого материала по сравнению с газоплазменным напылением, так как действие защитной среды ограничено очень малыми расстояниями. К недостаткам

плазменного напыления можно отнести высокую стоимость оборудования и его эксплуатационные затраты.

Из-за сравнительно низкой прочности сцепления покрытий с основой использование газоплазменного и плазменного нанесения покрытий в машинах и механизмах, работающих при ударных нагрузках, ограничено; пористость, достигающая 10%, не позволяет эксплуатировать их в агрессивных средах.

В связи с этим значительный интерес представляет детонационный метод нанесения покрытий. К преимуществам этого метода необходимо отнести высокую прочность сцепления, высокую плотность, возможность нанесения любых материалов на любые подложки без изменения свойств материала основы. Кроме того, из всех существующих только этот метод позволяет наносить спеченные твердые сплавы на основе карбидов вольфрама, хрома, титана. При этом свойства покрытий практически не отличаются от свойств аналогичных твердых сплавов, полученных методом спекания. Высокие эксплуатационные свойства покрытий, получаемых методом детонационного напыления, позволяют в 5—10, а в некоторых случаях в 20—30 раз повышать ресурс, износ- и коррозионную стойкость узлов и деталей. Однако, несмотря на достоинства этого процесса, имеется ряд причин, сдерживающих его широкое применение: значительные шумы, неравномерность покрытия и др.

Метод электрон스크ового легирования металлических поверхностей относится к высокоэнергетическим импульсным процессам нанесения покрытий. Нанесением электроискровых покрытий изменяют механические, химические, термические, электрические, магнитные, термоэмиссионные и другие свойства поверхности. К достоинствам способа можно отнести также: хорошую сцепляемость защитного слоя с материалом подложки; возможность получения покрытий из тугоплавких материалов без разогрева детали; локальное нанесение покрытий; ненужность предварительной обработки покрываемых поверхностей; простоту, надежность и транспортабельность оборудования и др.

Однако электронскровому легированию металлов присущи и определенные недостатки, наиболее существенными из которых являются: ограниченный круг наносимых материалов; трудности нанесения некоторых материалов на некоторые виды подложки; сравнительно невысокая производительность процесса; ограниченность толщины формируемых слоев.

Самым распространенным методом нанесения покрытий является диффузионный и в частности — борирование. Диффузионный метод в настоящее время наиболее распространен в связи с простотой технологического осуществления, а также возможностью направленного регулирования фазового состава и структуры поверхностных слоев.

Самое широкое техническое использование находят покрытия, содержащие карбиды, бориды, силициды, нитриды и другие тугоплавкие и износостойкие соединения, обеспечивающие высокие фи-

зико-технические свойства поверхности. Упрочнение инструмента для горячей штамповки способом борирования позволяет увеличить срок его службы в четыре раза, получить экономию дорогостоящих и дефицитных штамповых сталей, повысить производительность труда за счет сокращения времени на переналадку изношенного инструмента и других преимуществ.

### **3. Основные направления развития порошковой металлургии и порошковых покрытий**

Все возрастающая потребность народного хозяйства в получении принципиально новых материалов и изделий из металлических порошков и порошков тугоплавких соединений удовлетворяется в основном за счет:

создания и освоения технологических процессов и оборудования для формирования и спекания машиностроительных деталей сложной формы с использованием холодного, а также статического и горячего динамического прессования, штамповки, прокатки, электроразрядного спекания и энергии взрыва;

создания и освоения производства спеченных дисперсно-упрочненных и армированных волокнами жаропрочных композиционных и огнеупорных материалов на основе бескислородных тугоплавких соединений, порошков металлов и сплавов;

создания и освоения производства спеченных материалов для деталей машин, приборов, оснастки, работающих в условиях высоких напряжений и температур, агрессивных и инертных сред, интенсивного износа;

создания и освоения новых электроконтактных материалов для разрывных и скользящих контактов, приборов и агрегатов с высокими характеристиками надежности, магнитомягких материалов для работы в полях постоянного и переменного тока с минимальными магнитными потерями и высокой магнитной проницаемостью.

Таким образом, перед порошковой металлургией поставлена задача не только расширить объем и масштабы применения изделий из металлических порошков, но и на качественно новом уровне значительно повысить эффективность их производства и применения. Ведущие специалисты-материаловеды ожидают, что порошковая металлургия будет развиваться более высокими темпами, чем традиционные отрасли промышленности. Основными тенденциями развития порошковой металлургии в СССР в перспективный период являются: рост производственных мощностей и объемов производства порошков металлов, сплавов и различных химических соединений для производства деталей машин, оборудования, приборов и других целей. В частности, рост потребления железных и легированных порошков возможен для регулирования процесса кристаллизации слитков, новых металлургических полуфабрикатов из порошков (трансформаторных листов и лент, биметаллов и др.), получения заготовок быстрорежущих сталей. Для этого необходимо

решить ряд технических и организационных вопросов получения дешевых железных порошков за счет улучшения их качества, организации производства суперконцентратов, использования для целей восстановления водорода, организации производства распыленных порошков и чистого железного порошка, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, широкого внедрения метода горячей штамповки пористых заготовок.

Специалисты считают, что в перспективе значительное развитие получит порошковая металлургия цветных металлов — титана, меди, никеля, алюминия и сплавов на их основе. Порошковая металлургия титана и его сплавов будет развиваться за счет удешевления технологии получения порошков, производства полуфабрикатов и деталей машин, а также изготовления дисперсно-упрочненного титана и его сплавов. Выпуск медного порошка в СССР сдерживается рядом причин. Исследования показали, что наиболее эффективным является автоклавный метод, а для бронз и латуни — распыление.

Порошковая металлургия никеля будет развиваться в результате совершенствования технологии и организации производства порошковых электродов для переплавки их в порошки сплавов. Большое внимание будет уделяться получению легированных порошков и дисперсно-упрочненных сплавов на основе никеля.

Потребление порошков алюминия увеличится в основном за счет производства спеченных изделий. Порошковая металлургия кобальта, свинца, олова, цинка, серебра, золота и других металлов будет развиваться с расширением выпуска и снижением себестоимости производства порошков и изделий из них.

Материалы на основе тугоплавких порошков в последнее время чаще называют керамикой. С ней связывают большие надежды на развитие различных отраслей новой техники: атомной энергетики, космической и полупроводниковой техники, микроэлектроники, прецизионной электроники, катализа, специальных огнеупорных материалов для черной и цветной металлургии, а также абразивов и инструментов.

С развитием производственной базы и улучшением качества порошков металлов и тугоплавких соединений значительно возрастет производство спеченных изделий, их качество, увеличится экономическая эффективность и сократится срок окупаемости капитальных затрат. Значительное внимание будет уделено совершенствованию и разработке новых специальных материалов различного назначения: конструкционных, антифрикционных, фрикционных, для фильтрации, коррозионностойких, полупроводниковых и др.

Спеченные конструкционные материалы на основе железа к 2000 г. будут иметь прочность до 5 ГПа; увеличится максимальная масса изделий до 20–25 кг (в три-четыре раза выше настоящего уровня). Антифрикционные материалы в перспективе должны обеспечить повышение долговечности узлов трения со смазкой до 20–40 и без нее — до 10–15 тыс. ч.

Спеченные фрикционные материалы в основном применяются в автомобиле- и тракторостроении, тяжелом и транспортном машиностроении. Довольно широка их номенклатура: муфты сцепления, гидромеханические трансмиссии и тормоза, муфты синхронизаторов и фрикционов управления. В перспективе намечается увеличить износостойкость фрикционных материалов, работающих в масле, в 1,5–2 раза при одновременном снижении их себестоимости, а также материалов, работающих в условиях сухого трения.

Материалы для фильтров (пористые материалы) в настоящее время имеют широкую гамму применения, но с созданием специализированного прессового, печного и других видов оборудования их номенклатура резко возрастет. Для того чтобы обеспечить различные отрасли промышленности этими материалами, намечаются меры по расширению их производства.

Методы порошковой металлургии существенно повысят эффективность производства тугоплавких материалов и изделий из них: молибдена, титала, ниобия, титана, циркония, гафния и ренция. Повышение ресурсов и надежности ядерно-энергетических установок, космических кораблей, сверхзвуковой авиации и другой новой техники связывают с этими тугоплавкими металлами и соединениями: карбидами, боридами, силицидами, нитридами, гидридами, алюминидами и др.

Кроме того, большое народнохозяйственное значение имеет применение специальных огнеупорных материалов для металлургии, катодной электроники, катализа, изоляции в устройствах электротехники, твердых сплавов для инструментов, в том числе безвольфрамовых. Будут развиваться разработки и производство магнитных материалов для электротехники, автоматики и телемеханики, радиоэлектроники и приборостроения. В частности, магнитная индукция магнитомягких материалов на железной основе должна увеличиться до 16 тыс. Гс в слабых постоянных полях при коэрцитивной силе не более 0,5 Э; при работе в переменных полях потери должны быть минимальны, а для материалов с амфорной структурой полностью исключены.

В области магнитотвердых материалов будут повышены магнитные характеристики высококоэрцитивных постоянных магнитов из сплавов на основе железо—никель—алюминий—кобальт и оксидных; будут также созданы новые магнитные системы из бариевого и стронциевого ферритов и других материалов.

Электроконтактные материалы будут совершенствоваться в направлении надежности при повышении номинального тока отключения в четыре раза; для работающих в вакууме, материалов коммутирующих ток можно будет увеличить с 2 до 30 А, а для слаботочных реле с 10 тыс. до 3 млн циклов.

Выше отмечалось, что прогнозируемые усовершенствования спеченных материалов и создание принципиально новых возможно при решении комплекса проблем: получения порошков с высокими потребительскими свойствами и их производства в промышленных

масштабах; создания высокопроизводительного оборудования для получения металлических порошков, особенно новыми методами; разработки, внедрения и организации крупного промышленного производства полуфабрикатов и спеченных деталей новыми методами, создания промышленного оборудования и автоматизированных линий для массового производства изделий. Аналогичные проблемы стоят перед производством порошковых покрытий, поскольку уже к 2000 г. намечается покрывать порошками более 80% поверхностей сооружений, судов, машин и оборудования, отдельных изделий и деталей, а также восстанавливать более 15% бывших в употреблении коленчатых валов и деталей машин и аппаратов.

## Глава 2. ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

### 1. Аналоги и конкуренты порошковой металлургии и порошковых покрытий

В результате научно-технического прогресса появляются прогрессивные (усовершенствованные), новые и принципиально новые (не имеющие аналогов) виды материалов и технологических процессов. Растут требования к их качеству, надежности и экономичности. Под качеством материалов и изделий из них понимается совокупность свойств и показателей, определяющих их пригодность для удовлетворения определенных потребностей в соответствии с назначением изделий.

Производной от качества является технический уровень материалов, от которого зависят эксплуатационные показатели изделий. Основными эксплуатационными показателями, общими для всех изделий длительного пользования, являются надежность, долговечность, экономичность работы изделия.

Под надежностью изделий понимают их возможность выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных параметрах в течение требуемого промежутка времени (наработка на отказ), а также долговечность изделий (ресурс или срок службы детали, узла).

В зависимости от заданных функций изделия должны обладать специальными эксплуатационными показателями, например, для деталей — точность обработки и ее сохранение в процессе длительной работы. Для оценки совокупности свойств группы однородных изделий необходимо применять интегральную технико-экономическую характеристику эффективности их использования в народном хозяйстве (относительная стоимость рабочей силы, материалы, эксплуатации оборудования и др.). В том случае, когда материалы и изделия из них будут иметь необходимые физические свойства, количественные и качественные характеристики, а их размеры и

форма находятся в заданных параметрах, материал и изделие взаимозаменяемы.

На примере деталей и узлов приборостроения приводится характеристика понятия взаимозаменяемости. Различают следующие виды взаимозаменяемости: полную, неполную, внутреннюю и внешнюю.

Полная взаимозаменяемость — взаимозаменяемость всех без исключения деталей и узлов прибора. Она обеспечивается при соблюдении гометрических, электрических и других параметров деталей с точностью, позволяющей производить сборку (или замену при ремонте) любых сопрягаемых деталей и составных частей (узлов) без какой бы то ни было дополнительной их обработки, подбора или регулирования и получать изделия требуемого качества. В этом случае точность сборки всех экземпляров одноименных соединений или узлов (блоков) будет находиться в допусковых пределах.

Полная взаимозаменяемость обладает следующими достоинствами: упрощается процесс сборки, который сводится в этом случае к простому соединению деталей рабочими невысокой квалификации; сборочный процесс точно нормируется во времени, легко укладывается в устанавливаемый темп работы и может быть организован поточным методом; создаются условия для автоматизации процесса изготовления и сборки изделий; возможны широкая специализация и кооперирование заводов (изготовление заводом-поставщиком ограниченной номенклатуры унифицированных изделий, узлов и деталей и поставка их заводу, выпускающему основные изделия); упрощается ремонт изделий, так как любая износившаяся или поломанная деталь или узел могут быть заменены новыми (запасными).

Неполная взаимозаменяемость — взаимозаменяемость части деталей или сборочных единиц прибора. В этом случае уровень взаимозаменяемости характеризуют коэффициентом взаимозаменяемости, равным отношению трудоемкости изготовления взаимозаменяемых деталей и сборочных единиц к общей трудоемкости изготовления прибора. Неполная взаимозаменяемость может быть обеспечена при достижении требуемой точности сборки с помощью регулировочных устройств или компенсаторов, позволяющих уменьшить при сборке погрешности изготовления деталей, а также компенсировать в определенных пределах износ подвижных деталей в процессе эксплуатации изделий (метод регулирования). Этот метод используется для сложных и ответственных узлов измерительных приборов, металлорежущих станков и других изделий.

Кроме того, неполная взаимозаменяемость может быть получена при сборке путем изменения одного из размеров заранее намеченной детали соединения с помощью снятия с нее слоя материала (метод прогонки) при совместной обработке сопрягаемых деталей в предварительно собранном виде или установленных в одном приспособлении, а также при работе по формуляру, когда точность

обработки второй детали соединения определяется после обработки первой детали. Эти методы трудоемки, увеличивают продолжительность цикла сборки, имеют другие недостатки и могут применяться только в индивидуальном производстве.

Внутренняя взаимозаменяемость — это взаимозаменяемость отдельных деталей, входящих в узел, или узлов механизмов, входящих в изделие. Например, в подшипнике качения осуществляется внутренняя взаимозаменяемость (групповая) тел качения и колец.

Уровень взаимозаменяемости производства может характеризоваться коэффициентом взаимозаменяемости, значение которого для различных производств различно. Однако степень приближения коэффициента к единице является объективным показателем технической культуры производства.

Внешняя взаимозаменяемость — это взаимозаменяемость готовых изделий, монтируемых в другие, более сложные изделия, по эксплуатационным показателям и взаимозаменяемость составных частей (узлов) и покупных изделий по размерам и форме присоединительных поверхностей, т. е. тех поверхностей, по которым они соединяются с другими совместно работающими частями и изделиями. Внешняя взаимозаменяемость осуществляется по присоединительным размерам, а также по входным и выходным параметрам модулей, блоков и других элементов прибора. Для подшипников качения присоединительными размерами являются размеры, относящиеся к поверхностям, по которым они присоединяются к другим деталям приборного устройства.

Например, для электродвигателей внешней будет взаимозаменяемость по числу оборотов вала и мощности, а также взаимозаменяемость по размерам присоединительных поверхностей; в подшипниках качения внешняя взаимозаменяемость осуществляется по наружному диаметру наружного кольца и внутреннему диаметру внутреннего кольца, а также по точности вращения подшипника.

В литературе получило распространение также понятие «функциональная взаимозаменяемость» по служебной функции изделия. В Приложении 1 систематизированы данные о взаимозаменяемости (аналогии) конкурентов спеченных изделий. Признаки взаимозаменяемости или основополагающие факторы, определяющие потребительские свойства новых материалов, приведены в Приложении 2.

Основным материалом, заменяемым на порошковые, является сталь (Приложение 3). Для того чтобы определить технологическую и экономическую целесообразность такой замены, необходимо изучить потребительские свойства заменяемого материала. Так, определяя марку стали, необходимо учитывать условия работы деталей и конструкций, характер нагрузки и напряжений.

Необходимо, по возможности, шире использовать стали: углеродистую обыкновенного качества, углеродистую конструкционную А-12. Из этих материалов изготавливают детали, для которых не требуется большая прочность. Прокат из марганцовистых сталей и сама сталь после нормализации обладают повышенной прочностью

и упругостью. Они относительно дешевы и пригодны для изготовления деталей, которые должны иметь повышенную прочность, вязкость и сопротивляемость износу.

Легированные термически обработанные стали обладают более высоким комплектом механических свойств, чем углеродистые. Они лучше прокаливаются. При закалке легированные стали охлаждаются в масле, что значительно уменьшает опасность образования трещин. Стали, содержащие никель, молибден и вольфрам, следует применять, если их нельзя заменить сталями, содержащими кремний, марганец и хром.

Как известно, значительная часть материалов безвозвратно теряется в процессе эксплуатации (в основном за счет коррозии, эрозии, абразивного износа). Поэтому наряду с созданием новых прогрессивных конструкционных материалов для обеспечения высокой механической прочности, ударной вязкости и коррозионной стойкости в различных агрессивных средах в последнее время большое значение уделяется защите материалов специальными покрытиями. В современной технике назначение покрытий весьма разнообразно. Они применяются для следующих целей:

защиты конструкций от разрушающего воздействия горячих газовых потоков, паров металлов, расплавов, кислотных и щелочных растворов и других агрессивных сред;

защиты конструкций от механического износа при различных видах трения и снижения коэффициентов трения, в рабочих узлах движущихся конструкций;

защиты материалов от перегрева и разупрочнения под воздействием высоких температур, защиты металлов в процессе горячей обработки;

придания поверхности материалов особых электрических, магнитных или оптических свойств;

повышения устойчивости материалов к воздействию ионизирующих излучений.

В СССР применяются как традиционные, так и новые методы получения покрытий на металлических и неметаллических материалах: диффузионное насыщение, газопламенное, детонационное и вакуумное напыление, электродуговая металлизация, осаждение из газовой фазы, электронное легирование, электролитическое осаждение, эмалирование, химическое восстановление, погружение в расплав, наплавка. Внедрение различных покрытий в народное хозяйство дает существенный экономический эффект.

Широкое применение получили методы нанесения порошковых покрытий напылением и диффузией. Однако не все эти методы удовлетворяют целому ряду современных требований. Значительными техническими и экономическими преимуществами обладают порошковые покрытия. Целесообразность их применения определяется сравнением с традиционными материалами и технологиями.

**Цинковые покрытия.** Цинк электрохимически и механически защищает сталь от коррозии при эксплуатации в атмосферных усло-

виях при температуре до 70 °С. При более высоких температурах он защищает сталь только механически. Для повышения коррозионной стойкости цинковое покрытие подвергают хромированию или фосфатированию. Без этих дополнительных покрытий цинковое применяют только в исключительных случаях: для снижения переходного электрического сопротивления на деталях для пайки. Хромированные или фосфатированные цинковые покрытия имеют удовлетворительную коррозионную стойкость при контакте деталей с топливом, содержащим сернистые соединения, а для деталей, находящихся внутри изделий, при затрудненном доступе воздуха рекомендуется применять дополнительную защиту лакокрасочными покрытиями.

*Хромовые покрытия.* Хромовое покрытие стали, алюминиевых и цинковых сплавов обеспечивает защиту их от коррозии. Для повышения коррозионной стойкости хромовое покрытие подвергается фосфатированию с последующим гидрофобизированием. В процессе хромирования происходит наводороживание и связанное с этим уменьшение пластичности стали. Хромовое покрытие снижает предел выносливости стали почти в два раза.

Для уменьшения влияния хрома на механические свойства сталей необходимо создавать напряжения в поверхностном слое основного металла вибронаклепом, обдувкой корундом, гидросекаструйной обработкой и т. п. Эти операции следует проводить перед хромированием деталей, изготовленных из высокопрочных низколегированных и коррозионностойких сталей. Свойства (твердость, цвет и др.) хромовых покрытий зависят от режима их нанесения. Износостойчивое хромирование защищает поверхность и от влажной атмосферы, азотной кислоты и растворов щелочей.

Различают следующие основные типы хромовых покрытий: 1) молочное, обладающее наименьшей твердостью, хрупкостью, пористостью, сравнительно легко полируется до зеркального блеска; 2) блестящее, обладающее разветвленной сеткой мелких трещин, твердое и хрупкое в твердых слоях, полирование не требует; 3) матовое, серого цвета, чрезвычайно твердое и хрупкое даже при небольшой толщине, полированию поддается при больших затратах труда и времени.

*Оловянные покрытия.* Для оловянных покрытий характерна значительная пористость. Оловянное покрытие в атмосферных условиях по отношению к стали является катодным, во многих органических средах — анодным; оно является анодным и по отношению к меди и медным сплавам, содержащим более 50% меди. Допустимая рабочая температура оловянного покрытия до 160 °С. Оловянное покрытие хорошо выдерживает развальцовку, штамповку, запрессовку, в свежесажденном состоянии хорошо паяется, хорошо сохраняется при свинцевании. В атмосферных условиях олово окисляется и желтеет, теряет способность к пайке; оплавленное покрытие дольше сохраняет способность паяться. На поверхности олова, нанесенного по подслою меди или латуни, образуются интвидные

токопроводящие кристаллы («иглообразование»), что может привести к нарушению работы приборов. Для исключения «иглообразования» олово наносят по подслою цинка.

Покрытие сплавом олово — висмут (с содержанием висмута от 0,3 до 2,5 %) по коррозионной стойкости сравнимо с оловянным. Покрытие легко паяется и сохраняет способность к пайке более длительное время, чем оловянное или оловянно-свинцовое покрытие. Покрытие сплавом олово — висмут менее склонно к «иглообразованию», чем оловянное.

*Кадмиевые покрытия.* Кадмий по своим защитным свойствам близок к цинку. В отличие от последнего он пластичен и поэтому незаменим при защите от коррозии ответственных резьбовых и сопряженных деталей, узлы которых требуют плотной сборки. Цвет кадмиевого осадка — серебристо-белый с синеватым отливом, не изменяющийся на воздухе. Кадмируют изделия из стали, чугуна, меди, медных сплавов.

Кадмий защищает сталь от коррозии в морской атмосфере и в морской воде электрохимически, в пресной воде — преимущественно механически. Покрытие характеризуется прочным сцеплением с основным металлом. Кадмиевое покрытие не рекомендуется для деталей, работающих в контакте с топливом, содержащим сернистые соединения, а также в атмосфере, содержащей летучие агрессивные соединения, выделяющиеся из органических веществ.

Влияние кадмиевого покрытия на механические свойства стали зависит от способа нанесения. При электрохимическом кадмировании из цианистых электролитов происходит наводороживание и связанное с этим охрупчивание стали. Допустимая рабочая температура для кадмиевого покрытия — до 250 °С. Кадмиевое покрытие хорошо выдерживает развальцовку, запрессовку, штамповку, свинчивание.

*Никелевые покрытия.* Электрохимическое никелевое покрытие применяется в качестве защитно-декоративного и защитного. Оно является катодным по отношению к стали, алюминиевым и цинковым сплавам и обеспечивает их защиту от коррозии механически. Никелевые покрытия могут наноситься электрохимическим и химическим методами.

Для защиты от потускнения на электрохимическое никелевое наносят хромовое покрытие. Для повышения защитных свойств никелевого покрытия и покрытия никель—хром рекомендуется дополнительное гидрофобизирование.

Черное никелевое покрытие применяется для придания деталям специальных оптических и декоративных свойств. Покрытие имеет низкую коррозионную стойкость и поэтому может быть использовано только при легких условиях эксплуатации.

Никелевое покрытие оказывает большое влияние на механические свойства сталей; при толщине покрытия 12 мкм предел выносливости сталей уменьшается почти в два раза. Допустимая рабочая температура для матового электрохимического никелевого

покрытия — до 650 °С. Никелевые покрытия плохо выдерживают развальцовку, со временем тускнеют.

*Медные покрытия.* Они являются катодными по отношению к стали, алюминиевым и цинковым сплавам; для защиты от коррозии как самостоятельное покрытие не применяются. Допустимая рабочая температура медного покрытия — до 300 °С. Медное покрытие обладает высокой электропроводностью, пластичностью, выдерживает глубокую вытяжку, развальцовку, хорошо полируется, облегчает приработку, притирку и свичивание, в свежесажденном состоянии хорошо паяется.

*Латунные покрытия.* Обладают низкой химической стойкостью, рекомендуются в качестве подслоя. Покрытия паяются мягкими припоями с неактивными флюсами непосредственно после осаждения; по истечении некоторого времени — с активными флюсами.

Металлизацию распылением используют в основном для защиты изделий от коррозии, иногда и для декоративных целей. Материалом для покрытий служат олово, свинец, цинк, алюминий, кадмий, бронза и сталь различных марок, применяемые в виде проволоки диаметром 1—2 мм.

От действия атмосферы и воды стальные изделия защищают покрытиями из цинка, алюминия, кадмия. При металлизации мягкими металлами (свинец, кадмий) за один проход образуется слой толщиной 0,08 мм; при металлизации металлами с температурой плавления 900—1000 °С (например, медью и бронзой) за один проход получают слой толщиной 0,04 мм; при металлизации тугоплавкими металлами (например, коррозионностойкой сталью) получают слой покрытия толщиной 0,025—0,03 мм.

Преимущества металлизации распылением: простота технологии и оборудования; возможность покрытия крупных конструкций и изделий в собранном виде; металлизация изделий из различных материалов.

К недостаткам их можно отнести: пористость в тонких слоях, достигающую 35 % покрываемой площади (для получения практики плотных беспористых осадков необходимо увеличить толщину слоя или уплотнить покрытие лаком, эмалью, краской); невысокую прочность сцепления покрытия с основным металлом. Большое влияние на прочность сцепления покрытий оказывает способ подготовки поверхности; большие потери напыляемого металла.

Взаимозаменяемым материалом для стали, чугуна, алюминия, латуни, бронзы и цинка, а следовательно, конкурентным для порошковой металлургии и порошковых покрытий явились пластмассы (полимеры), особенно в машиностроении для деталей простой группы сложности. Пластмассы применяются в автомобилестроении, тракторостроении, сельскохозяйственном машиностроении, теплового, электровозового, вагоно- и судостроении, нефтяном, угольном, кузнечном и прессовом машиностроении, станкостроении, электротехнической промышленности, железнодорожном транспорте (стеклопластик полиэфирный — сталь углеродистая; стеклопластик

полиэфирный — алюминий; пресс-материал типа АГ-4 — сталь углеродистая).

В перспективе крупнейшим потребителем пластмасс будет машиностроение. В настоящее время в его отраслях используется 35% всех синтетических смол и пластмасс; с применением пластмасс изготавливается более 75% всей продукции машиностроения. Коэффициент замены традиционных материалов пластмассами в машиностроении довольно высок. Так, для стали — большой гаммы пластмасс 5,5—6,0 и выше, стали — капрона 11,0, стали — полипропилена 13,0.

Достоинства пластмасс определяют их высокие потребительские свойства.

1. Малая плотность, легкость и широкий диапазон технических свойств обусловили широкое применение пластмасс в авиационном машиностроении. Так, масса основных элементов тяжелых самолетов уменьшилась на 10—40%. В ракетах, космических аппаратах масса деталей из полимерных материалов более 50% общей массы аппарата. Пластмассы все шире применяются при создании многих транспортных средств, в частности автомобилей и различных судов.

2. Высокая механическая прочность, которая может быть увеличена путем армирования. По удельной прочности (пределная прочность на разрыв, отнесенная к плотности) пластмассы являются самыми прочными материалами из всех ныне известных.

3. Высокие электроизоляционные свойства. Например, полиэтилен и полистирол в 100—1000 раз превосходят фарфор по величине удельного объемного сопротивления.

4. Высокая химическая стойкость по отношению к агрессивным средам.

5. Высокие термо- и звукоизоляционные свойства.

6. Ценные оптические свойства: прозрачность, бесцветность, лучепреломляемость.

7. Высокая пластичность, позволяющая получить многие пластмассы в виде тончайших пленок или нитей и при переработке исключить образование отходов.

8. Высокие антифрикционные свойства. Некоторые виды пластмасс являются лучшими материалами, противостоящими трению, и применяются как самосмазывающиеся материалы.

9. Высокие фрикционные свойства.

10. Технологичность.

Но пластмассы имеют и существенные недостатки: 1) сравнительно низкий предел теплостойкости; 2) плохая теплопроводность; 3) малая поверхностная твердость; 4) большой коэффициент термического расширения (часто в 10 раз больше, чем у стали); 5) ползучесть (текучесть), возрастающая с повышением температуры; 6) старение (процессы постепенного разрушения). Однако, несмотря на некоторые недостатки, пластмассы имеют значительные технические преимущества, а также высокую экономическую эффективность. Например, каждая тонна пластмасс заменяет в среднем 5—6 т чер-

ных и цветных металлов. Для производства 1 т изделий из пластмасс требуется затратить на 700—800 чел.-ч меньше, чем для изготовления 1 т изделий из металлов. Сокращаются сроки и затраты на техническую подготовку производства новых машин.

В автомобилестроении расход стали на автомобиль благодаря использованию стеклопластиков может быть снижен на 20—25%. Так, масса кузова автомобиля «Москвич» из стеклопластика меньше, чем из металла на 80 кг, или 27%, а дверей, багажника и крыльев — на 26,5%.

Применение 1 т эпоксидных композитов в качестве литой изоляции в трансформаторах тока позволяет высвободить до 2 т цветных металлов и около 9 т стального проката. В кабельной промышленности 1 т полиэтилена высвобождает 3 т, а 1 т полихлорвинилового пластика — 4 т свинца. Использование 1 т капрона для изготовления подшипников скольжения дает возможность сэкономить 12 т бронзы. Капроновые шестерни при сухом трении износостойчивее бронзовых в 100—150 раз.

Трудоемкость изготовления пластмассовых штампов в 2—8 раз ниже, чем металлических. Трудовые затраты на изготовление оболочковых форм в 4—6 раз меньше, чем на подготовку земляных форм. Себестоимость пресс-форм, изготовленных из пластмасс, в 2—4 раза ниже себестоимости металлических пресс-форм.

В последнее время в металлургической промышленности появились новые конструкционные материалы — металлопласты — тонкостенные пластмассовые покрытия, наносимые на поверхность металла в виде пленки или путем напыления с одной из двух сторон стального листа. Такие покрытия могут наноситься на сталь, алюминиевые и магниевые сплавы. Металлопласт обладает высокими физико-механическими и химическими свойствами. Он легко поддается штамповке, вытягиванию, сверловке, гибке и другим видам механической обработки. Металлопласт почти в 6 раз дешевле нержавеющей стали и значительно долговечнее ее.

Особенно большой экономический эффект достигается при использовании пластмассовых порошков и синтетических пленок для антикоррозионных покрытий.

Практически безотходная технология получения деталей из неметаллических материалов выгодно отличается от механической обработки заготовок — весьма трудоемкой, малопродуктивной и связанной со значительными отходами (коэффициент использования материала 0,5—0,6). При замене черных металлов литейными пластмассами трудоемкость процесса снижается в 5—6, а себестоимость в 2—6 раза; при замене дефицитных цветных и черных металлов и полуфабрикатов (труб, тонкого листа) органическими (полимерными) материалами себестоимость изделий снижается в 4—9 раз. В ближайшие годы при значительном расширении выпуска этих материалов ожидается существенное снижение их стоимости.

Целесообразность замены и использования пластмасс опреде-

ляется комплексом расчетов и обоснований. Так, по уровню эффективности пластмассы разделены на три группы:

высокий эффект достигается при замене цветных металлов, нержавеющей стали, ценных сортов древесины пластмассами любой стоимости, а также черных металлов в узлах и деталях со сложными условиями эксплуатации;

средний — при замене черных металлов и алюминия сравнительно недорогими пластмассами в трудоемких и сложных объектах, выпускаемых крупными сериями, а также в узлах и деталях оборудования с нормальными условиями эксплуатации;

низкий — при замене стали и алюминия пластмассами дорогих видов в простых объектах, выпускаемых небольшими сериями.

По уровню оптовых цен номенклатуру выпускаемых пластмасс условно делят на четыре группы:

недорогие — 400—600 руб/т (фенольные смолы и пресс-материалы, мочевиновые смолы и аминопласты, поливинилхлоридная смола, полистирол);

умеренной стоимости — 900—1200 руб/т (полуэфирные смолы, ударопрочный полистирол, полиакрилаты, асболокниты, дугостойкие пресс-материалы, винилпласт, кабельный пластикат, нитроцеллюлозный этрол и др.);

дорогие — 1900—3000 руб/т (асботекстолиты, стекловолокниты типа АГ-4, пенопласты на основе поливинилхлорида и полистирола, полиамиды типа смолы АҚ-7 и поликапролактама, пенополиуретаны, этрол ацетилцеллюлозный и др.).

Таким образом, материалы порошковой металлургии и порошковые покрытия имеют существенных конкурентов не только среди традиционных, но и новых материалов. Знание их экономики облегчает задачу рациональной замены и получения реальной экономии ресурсов при производстве и использовании порошковых материалов.

## 2. Экономическая эффективность порошковой металлургии и порошковых покрытий

Одной из важнейших народнохозяйственных задач является повышение эффективности общественного производства, завершение перевода экономики на преимущественно интенсивный путь развития. Особое значение приобретают проблемы качества и надежности продукции, рационального использования сырья, материалов и трудовых ресурсов, внедрение прогрессивных технологий. Для любой технологии одной из основных характеристик является ее конкурентоспособность по отношению к традиционным способам. Большую работу по определению зон конкурентоспособности порошковых материалов проводит Институт проблем материаловедения АН УССР как головной по решению данной проблемы. Совместно с отраслевыми научно-исследовательскими и проектными институтами проводились массовые обследования промышленных предприятий. Был собран и обработан огромный массив информации, который позволил вывести закономерности образования научно-техни-

ческого, специального, социального и экономического эффектов применения методов порошковой металлургии и порошковых покрытий.

Экономический эффект характеризуется большим количеством разнообразных показателей, назначение которых зависит от цели и методов расчетов. Экономические результаты научно-технического новшества на практике выражаются таким понятием, как «экономическая эффективность», которая имеет частную и общую трактовку. В первом случае она определяется коэффициентом, выраженным отношением экономических результатов к затратам производственных ресурсов на создание новой техники. Масса полученной экономии от применения научно-технического новшества является абсолютной, а степень отдачи ресурсов на создание новой техники выражается относительным показателем. В расчетах экономической эффективности применяется также показатель удельной экономии: отношение натуральных показателей эффекта к затратам или ресурсам, выраженным в стоимостной форме.

В литературных источниках и отраслевых инструкциях по определению экономического эффекта содержится 24 термина экономического эффекта новой техники: народнохозяйственный, хозрасчетный, интегральный, годовой, потенциальный, расчетный, предварительный, ожидаемый, фактический и т. д.

В Типовой методике 1977 г. (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений, утвержденной Государственным комитетом Совета Министров СССР по науке и технике, Госпланом СССР, Академией наук СССР и Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий 14 февраля 1977 г., приводится только один термин — фактический экономический эффект, что недостаточно для экономического обоснования создания и использования новой техники.

Обоснованию конкурентоспособности и экономической эффективности порошковой металлургии, а последние годы и порошковых покрытий уделялось особое внимание как у нас, так и за рубежом. Еще в 1963 г. в США Х. Лесли для обоснования конкурентоспособности порошковой металлургии по сравнению с наиболее дешевыми и рациональными технологическими способами изготовления деталей была разработана система технико-экономической классификации конкурирующих технологий. Для этого детали подразделяют в зависимости от их формы на восемь категорий: сплошные симметричные тела вращения, тела вращения неправильной формы, полые симметричные тела вращения, сплошные или полые тела вращения и т. д. Для каждой из категорий были составлены таблицы, в которых перечисляются и сравниваются все возможные методы изготовления деталей данной категории; получение деталей большой точности или с большой чистотой поверхности связано с дополнительными затратами, которые в базовые таблицы не вошлись.

В стоимость эксплуатации оборудования были включены расходы на наладку станков и инструментов, стоимость инструмента, оснастки и расходы на вспомогательные работы при производстве деталей. В стоимость рабочей силы входила стоимость непосредственно затраченного труда на производство детали. Стоимость отходов материала соответствует стоимости наиболее часто применяемых металлов и сплавов. Этот фактор существенный, особенно если детали изготавливаются из дорогих или редких металлов, например, титана или бериллия.

Составленные по этому принципу таблицы нуждаются в постоянной корректировке, так как появляются новые технологические методы, расширяются диапазоны размеров обрабатываемых деталей и повышается точность обработки.

Метод Лесли нашел свое развитие и совершенствование в нашей стране для определения конкурентоспособности (на определенном этапе) той или иной технологии производства и применения конструкционных материалов. Чтобы сравнить технико-экономические показатели их производства, необходимо сопоставить характеристику этих изделий. За основу сопоставления был взят «Общесоюзный классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции» класс 40 и 50 «Детали общемашиностроительного применения». Из него были выбраны виды изделий, которые технически возможно изготовить методом порошковой металлургии. Были учтены также те виды изделий, которые требовали незначительной (до 15%) механической доработки (фрезеровки пазов, лысок, сверловки одного-двух отверстий, нарезания резьбы и т. п.). Все выбранные виды изделий отнесены к определенным группам сложности изготовления (с некоторым заимствованием элементов системы Лесли).

В качестве признаков, определяющих общее сходство изделий, приняты:

1) геометрическая форма изделий как основа сравнения. Она является наиболее объективным и стабильным признаком при описании. Этот признак почти не подвергается индивидуальной интерпретации. Геометрическая форма характеризует непосредственно деталь независимо от ее функции и принадлежности к другим изделиям;

2) конструктивная характеристика отдельных элементов детали и их взаиморасположение. Эти признаки конкретизируют геометрическую форму;

3) параметрический признак, характеризующий конструктивные параметры;

4) наименование деталей и выполняемые ими функции. Используются в качестве классифицированных признаков только в том случае, когда они наиболее полно характеризуют деталь и понимаются однозначно во всех отраслях техники.

Оценка экономической эффективности производства изделий из взаимозаменяемых традиционных порошковых и других прогрессив-

ных материалов проводилась по таким показателям, как цена, трудоемкость, себестоимость, капитальные вложения и др.

В Приложении 2 приведены основополагающие показатели конкурентоспособности традиционных и прогрессивных технологий, измеряемые с помощью коэффициентов (от 0,1 до 1). Порошковой металлургии в сопоставимых условиях производства изделий и деталей общемашиностроительного назначения нелегко конкурировать с различными технологиями производства взаимозаменяемых изделий. Только в крупносерийном и массовом производстве затраты сравнительно невысоки. Эти выводы подтверждаются также исследованиями, выполненными в ЦНИИтяжмаше по сравнению способов изготовления деталей методами порошковой металлургии с горячей штамповкой и литьем.

Зоной гарантированной экономии за счет снижения себестоимости производства порошковых изделий по сравнению со штампованными является промышленное производство изделий из порошковых масс до 40 г в количестве 50 тыс. изделий и более, массой 40—80 г в количестве 100 тыс. изделий и более и т. п. Производство изделий из порошковых масс 330—670 г будет конкурентоспособным по отношению к штамповке для программы более 500 тыс. изделий в год. По сравнению с литьем порошковая металлургия экономичней и при производстве небольших серий.

Исследования грани конкурентоспособности изделий с газотермическими порошковыми покрытиями выполнены в ЦНИИтяжмаше, где разработан алгоритм определения экономически выгодного диапазона использования этих изделий. Были выявлены статистические зависимости массы изделий и себестоимости их изготовления внутри каждого класса. Как правило, для изделий с небольшой единичной массой нанесение покрытий будет эффективно при значительном объеме производства. С увеличением единичной массы конкурентоспособность возрастает. Например, изделия, несложные по конфигурации, массой до 100 кг при нанесении на их наружную поверхность порошковых покрытий будут экономичными по отношению к изделиям, полученным по традиционной технологии, при годовом объеме производства около 200 шт.

Проведенные исследования дают возможность определить целесообразность применения новых технологий на стадии постановки прикладных научно-исследовательских или опытно-конструкторских разработок. Для того чтобы выбрать оптимальный проектный вариант производства и применения нового материала, а также необходимый ассортимент и типоразмер изделий, создана система оценок проектных решений, которая как подсистема входит в систему измерения эффективности порошковой металлургии и порошковых покрытий.

В широкомасштабных мероприятиях в области новой техники, в частности, ее планирования или прогнозирования, а также в целях изучения ценообразования была исследована и определена эффективность порошковой металлургии и порошковых покрытий,

выраженная системой следующих основных показателей: объемом потребности народного хозяйства в продукции порошковой металлургии; экономией прошлого и живого труда; экономией финансовых и других ресурсов, выраженных в натуральной или стоимостной форме, а также дополнительными показателями: абсолютными (экономия трудовых, материальных и энергетических ресурсов), относительными (производительность труда, фондоотдача, себестоимость или материальные затраты на 1 руб. товарной продукции и др.).

В 1980 г. одобрены Госпланом СССР и стали нормой коэффициенты экономии и замены, применяемые при расчете экономии материалов в машиностроении и металлообработке, на планируемый период:

### *Заменители проката черных металлов*

Пластмассы конструкционные	3,5
<b>Изделия из металлических порошков</b>	<b>2,8</b>
Литье из высокопрочного чугуна	1,4
Точное литье (по выплавляемым моделям, в оболочковые формы и т. д.)	1,7
Заготовки непрерывнолитые	1,1
Прокат алюминиевый	2,65
Пластики древесные	3,0
Изделия резиновые	3,0
Литье стальное и чугунное, изготавливаемое прогрессивными методами	1,5

### *Заменители чугунного литья*

Конструкции сварные из проката черных металлов, в том числе листового	1,3
Литье из цветных металлов	3,9
Пластмассы конструкционные	4,0
<b>Изделия из металлических порошков</b>	<b>2,8</b>
Литье каменное	2,0

### *Заменители стального литья*

Конструкции сварные из проката черных металлов, в том числе листового	1,2
Трубы катаные	1,20
Литье из высокопрочного и ковкого чугуна	1,15
<b>Изделия из металлических порошков</b>	<b>2,6</b>
Заготовки, получаемые методом электрошлаковой сварки (ЭШС)	1,35
Литье электрошлакового (ЭШЛ)	2,5
Пластмассы конструкционные	3,5

### *Заменители литья из цветных металлов*

Литье чугунное взамен бронзового	1,1
Прокат цветных металлов	1,2
Пластмассы конструкционные*	2,0 (8,5)
<b>Изделия из металлических порошков</b>	<b>2,6</b>

### *Заменители труб катаных*

Трубы:	
электросварные	1,2
из конструкционных пластмасс	4,0
<b>из металлических порошков</b>	<b>2,0</b>
резиновые	1,5
медные	1,0

\* Без скобок — алюминиевое литье, в скобках — литье из медных сплавов.

литые стальные	1,2
литые алюминиевые	1,4
катаные алюминиевые	1,5
из древесного пресс-порошка	5,3

### *Заменители труб тянутых*

Трубы:	
электросварные	1,0
из конструкционных пластмасс	4,0
из металлических порошков	2,0
резиновые	1,5
медные	1,0
литые стальные	1,2
алюминиевые	2,7

### *Заменители труб тонкостенных бесшовных*

Трубы:	
электросварные	1,0
из конструкционных пластмасс	4,0
из металлических порошков	2,0
резиновые	1,5
медные	1,0
литые стальные	1,2
алюминиевые	2,7

### *Заменители медного проката*

Изделия из конструкционных пластмасс	5,0
Изделия из металлических порошков	2,5
Литье точное алюминиевое	2,4
Прокат латунный	1,05
Биметаллы (сталь + медь)	2,5
Шины и жилы алюминиевые токопроводящие	2,0

### *Заменители проката латунного*

Изделия из конструкционных пластмасс	5,0
Изделия из металлических порошков	2,5
Литье точное алюминиевое	3,4

### *Заменители проката алюминиевого*

Изделия из конструкционных пластмасс	2,0
Изделия из металлических порошков	2,5
Точное алюминиевое литье	1,6

Коэффициенты экономии и замены являются плановыми усредненными нормативными показателями, зависящими от уровня технологии, степени использования эффективных материалов и других достижений научно-технического прогресса. Методическими указаниями Госплана СССР к разработке государственных планов развития народного хозяйства установлено, что расчет величины экономии материальных ресурсов производится по формуле

$$\Theta = K_{\text{ЭК}} [B_1 - B_2 (1 + B_{\text{П}}/100)],$$

где  $\Theta$  — экономия материальных ресурсов;  $K_{\text{ЭК}}$  — коэффициент экономии или замены;  $B_2$  и  $B_1$  — объем применения мероприятия соответственно в планируемом и базовом году;  $B_{\text{П}}$  — планируемый прирост производства продукции, %.

Научно-исследовательский институт планирования и нормативов Госплана СССР при участии Института проблем материаловедения и десятков отраслевых организаций по машиностроению и другим отраслям промышленности при разработке норм экономии материальных ресурсов дают следующее истолкование этим коэффициентам.

Коэффициент экономии показывает величину экономии нормируемого вида материальных ресурсов на одно внедрение в принятых для расчета единицах измерения.

Коэффициент замены показывает величину замены (экономии) нормируемого вида материальных ресурсов на единицу заменяющего материала в принятых единицах измерения.

Коэффициент замены материалов на деталь представляет собой отношение расхода высвобождаемого в результате его замены материала к расходу материала-заменителя.

Коэффициенты экономии и замены материалов используются для укрупненных расчетов экономии материалов на уровне промышленных объединений, министерств, госпланов союзных республик, Госплана СССР по направлениям научно-технического прогресса при разработке годовых и пятилетних планов.

Коэффициенты экономии материалов применяются при расчете экономии, получаемой при использовании аналогичных, но более эффективных материалов (например, замене проката из углеродистой стали прокатом из низколегированной стали, листового проката рудонным и т. д.), при внедрении более прогрессивных, более рациональных заготовок (например, перевод свободнойковки на горячую штамповку, более рациональный раскрой листового проката и т. д.).

Коэффициенты замены применяются в том случае, если рассчитывается экономия одного материала от замены его другим при сохранении необходимого качества изделий (например, замена металла пластмассами, горячекатаного проката гнутым профилем и т. д.).

Если оценить экономию материальных ресурсов в машиностроении и металлообработке (изделия и детали общемашиностроительного назначения) за счет применения изделий порошковой металлургии, то в среднем она составит 1500 т на каждую тысячу тонн компактного металла. Кроме норм экономии металлов, значительный интерес для практики могут представлять удельные нормы экономического эффекта от производства и применения изделий порошковой металлургии.

Среднеотраслевой уровень экономической эффективности перевода каждой тонны (тыс. тонн) компактных изделий на изготовление методом порошковой металлургии составляет:

Изделий и деталей общемашиностроительного назначения из, тыс. руб./тыс. т:  
черных металлов  
цветных

1300  
2100\*

\* Эффект в производстве.

Фильтров (на основе цветных металлов)	
тыс. руб/т	170
Ферритов, тыс. руб/т	100
Электроконтактов, тыс. руб/т:	
размыкающих	80
скользящих	45
тугоплавких	270
Твердых сплавов:	
керметов, руб/т	650
тексонитов (инструментальных материалов, руб/кар	20
Проката порошков, руб/т:	
черных	60
цветных	390

Практическую ценность представляют дифференцированные нормы экономического эффекта по основным видам спеченных изделий, классифицированным по агрегированным весам и сложности изготовления. Косвенно учитывается также такой существенный фактор, как серийность продукции. Исследования показали, что с уменьшением массы изделия увеличивается его серийность.

В табл. 1 приведены удельные величины народнохозяйственного эффекта от производства и применения деталей машин и изделий общемашиностроительного назначения на основе металлических порошков. Такой дифференциации по специальным материалам представить в настоящее время невозможно, так как для расчета таких норм необходим большой массив данных.

Удельные агрегированные величины народнохозяйственного экономического эффекта возрастают с уменьшением массы изделий и увеличением сложности изготовления. При изготовлении мелких деталей весьма сложной группы экономический эффект почти в два раза выше, чем простой.

В экономическом обосновании создания и использования новых материалов существенным фактором, отражающим уровень эффективности, является служебное назначение материала (изделия из него). В приведенных нормативах эффективности этот признак усреднен, хотя соответствующие исследования были проведены. Они позволили дать более детальную характеристику многоцелевого назначения (в том числе ценообразования) и определить эффективность основных видов спеченных материалов по их служебному назначению.

*Антифрикционные изделия.* Изделия из этих материалов — один из наиболее распространенных видов изделий общемашиностроительного назначения — предназначаются для различных узлов трения в качестве втулок и подшипников скольжения. Высокие антифрикционные свойства этим изделиям придаются путем регулирования их пористости с последующей пропиткой пор различными веществами, выполняющими роль смазки (графитом, сульфидами, машинным маслом), а в ряде случаев и без смазки. Такие антифрикционные изделия характеризуются низким коэффициентом трения и малым износом трущихся пар.

Таблица 1. Удельные агрегированные величины народнохозяйственного и изделий общемашиностроительного

Материал и сложность изделий	Удельные величины эффекта, руб./т.				
	2	2,1—5	5,1—10	10,1—20,0	20,1—40
<i>Основной эффект</i>					
Железографит, легированный неметаллами, группа сложности:					
I	34200	25000	13000	3000	1500
II	45000	34500	17500	5000	2000
III	60000	40000	24000	7500	2700
Железографит, легированный металлами, группа сложности:					
I	35000	25200	14000	4500	1500
II	47000	36000	18500	6000	2200
III	69500	46500	33000	7550	2720
Бронзографит, группа сложности:					
I	140000	100000	42000	12500	6000
II	160000	120000	50000	15000	7300
III	185000	145000	60000	21500	9200
<i>Дополнительный</i>					
Железографит, легированный неметаллами, группа сложности:					
I	17500	13000	7000	1550	750
II	24000	17500	9000	2600	1100
III	32000	21000	12300	3600	1400
Железографит, легированный металлами, группа сложности:					
I	18000	13200	7300	1600	770
II	25500	18300	9400	3200	1150
III	30000	24000	12000	4000	1500
Бронзографит, группа сложности:					
I	72000	51000	21200	6700	3100
II	81500	62000	26000	7700	3800
III	93000	73000	33000	12300	4650

**экономического эффекта от производства и применения деталей машин  
назначения из металлических порошков**

при массе изделий, г

40,1—80,0	80,1—150	150,1—300	300,1—500	500,1—800	800,1—3000
-----------	----------	-----------	-----------	-----------	------------

*у потребителя*

1200	1050	700	500	350	300
1650	1300	850	650	400	320
2100	1500	1050	820	460	350

1400	1150	1100	900	650	400
1850	1420	1250	1050	720	480
2350	1750	1400	1200	800	550

4800	4200	2500	1800	1400	1100
6500	5300	3000	2200	1700	1300
8000	6200	3800	3000	2150	2800

*эффект у потребителя*

630	510	350	260	180	150
900	760	430	320	210	160
1100	770	530	410	230	170

700	570	550	450	330	200
940	720	610	520	360	230
1150	900	770	630	420	260

2500	2150	1260	920	710	560
3300	2700	1550	1150	860	650
4100	3150	1950	1550	1100	920

Антифрикционные изделия из металлических порошков заменяют аналогичные детали из дорогостоящих цветных металлов и сплавов (бронзы, баббитов и др.), шариковые и роликовые подшипники, обеспечивая при этом повышение срока службы узлов трения в 1,5—10 раз. Только в сфере производства при замене 1 т изделий из цветных металлов железграфитовыми достигается экономия 3—4 тыс. руб. Большой экономический эффект создается при применении антифрикционных изделий порошковой металлургии в сфере их потребления за счет таких факторов, как упрощение конструкции машин, высокая износостойкость и увеличение сроков службы сопряженных пар трения, повышение к.п.д. машин в связи с сокращением простоев из-за замены подшипников и других узлов трения, уменьшение расхода смазочных материалов. Все это увеличивает производительность машин и сокращает эксплуатационные затраты.

*Конструкционные изделия.* В общем объеме потребности промышленности в изделиях из металлических порошков конструкционные детали занимают около 60%. Такие изделия изготавливаются из порошков железа, углеродистых и легированных сталей, латуни, меди, бронзы, никеля и других металлов и сплавов. Широкое применение получили железомедные, железолатунные, железочугунные, железомарганцевомедные материалы, обладающие высокими физико-механическими свойствами. Методами порошковой металлургии получают изделия конструкционного назначения со специальными физическими и технологическими свойствами: высокой износостойкостью, жаропрочностью, высокой твердостью.

Конструкционные изделия, изготовленные методом порошковой металлургии, могут выпускаться в виде готовых изделий или полуфабрикатов, требующих незначительной механической обработки, приближающихся по прочности и плотности к компактным изделиям. Наиболее характерными конструкционными изделиями являются шестерни, кулачки, накладки, шайбы, рычаги, фланцы, корпуса и детали замков измерительных инструментов, статоры, диски масляных насосов и другие, применяющиеся в самых различных машинах и приборах. Перевод большинства конструкционных изделий на изготовление методом порошковой металлургии обеспечивает в основном экономический эффект в сфере производства за счет более низкой их стоимости, а также экономии черных и особенно цветных металлов. Конструкционные изделия, как правило, по конфигурации более сложные, чем антифрикционные.

*Фрикционные изделия.* Зачастую именно они определяют надежность, долговечность и безопасность работы машин. Фрикционные изделия из металлических порошков имеют по сравнению с ранее применявшимися материалами более высокие коэффициенты трения (в 1,5 и более раза), механические свойства и износостойкость (в 1,5—4 раза). Кроме того, применение металлокерамических фрикционных изделий дает возможность получить значительную экономию дефицитных цветных металлов. Следует отметить,

что методы порошковой металлургии существенно упрощают технологию производства фрикционных элементов. Отпадает необходимость в таких операциях сборки, как сверловка под заклепки, зачистка, клейка наладок и др. Все это дает большой экономический эффект, высвобождает производственные площади и оборудование в производстве. Так, перевод производства крупногабаритных фрикционных дисков на новую технологию способствует получению дисков лучшего качества, при значительной экономии средств за счет удешевления стоимости материала (уменьшение содержания олова в шихте); экономии по заработной плате и энергозатратам (исключение операции термообработки, сокращение необходимого количества пакетов спекания крупногабаритных фрикционных дисков, исключение операции контроля).

В сфере эксплуатации экономический эффект обеспечивается за счет сокращения трудоемких работ по многократной замене изношенных фрикционных элементов, уменьшения простоя машин и механизмов, сокращения затрат на запасные фрикционные узлы, а также за счет повышенных эксплуатационных параметров машин и механизмов.

*Магнитные материалы.* Эти материалы используют при изготовлении магнитоэлектрических измерительных приборов, гальванометров, магнитометров, осциллографов, счетчиков, спидометров, разных аппаратов; электрических машин и т. д. Магнитные материалы, изготовленные методом порошковой металлургии, подразделяются на магнитотвердые и магнитомягкие.

Магнитотвердые (постоянные магниты) материалы — это сплавы сложного химического состава на основе железа, легированного алюминием с кремнием, никелем, медью, кобальтом; им свойственна высокая коэрцитивная сила (несколько сотен и тысяч эрстед) при сравнительно большой остаточной магнитной индукции. В настоящее время для изготовления постоянных магнитов наиболее широко применяют спеченные дисперсионные твердеющие магнитотвердые сплавы на основе системы железо—никель—алюминий (альни, альнико, магнико и пр.). Исходными материалами для изготовления методом порошковой металлургии постоянных магнитов могут служить как порошки черных металлов, так и порошковые сплавы.

Метод порошковой металлургии изготовления магнитов из таких металлических сплавов, как альни, кунико и др., имеет ряд преимуществ по сравнению с обычными методами, а именно сокращение потерь и отходов (выход годного продукта достигает 90—99%) при минимальной дополнительной механической обработке. В целом достигается высокая производительность и снижаются затраты на производство.

Магнитомягкие материалы — это чистое железо, сплавы на его основе и ферриты (спеченные материалы на основе оксидов железа). Они отличаются высокой начальной и максимальной магнитной проницаемостью и низкой коэрцитивной силой. Магни-

томягкие материалы, изготовленные методом порошковой металлургии, почти не отличаются от материалов, полученных методами литья, однако использование порошковой металлургии экономически выгодно благодаря возможности получения более чистых и более точных по составу магнитных сплавов. Важным преимуществом методов порошковой металлургии является также возможность перехода без особых трудностей с лабораторной на промышленную технологию.

Наиболее широкое распространение получили также магнитомягкие материалы, как чистое железо, сплавы железа с никелем (типа пермаллой), кремнием и алюминием (типа альсифер), кобальтом и т. п.

Магнитодиэлектрики (металлопластические магнитные материалы) составляют большую группу магнитных материалов, представляющих собой смесь ферромагнитных порошков с вяжущими веществами, являющимися изоляторами. Свойства магнитодиэлектриков зависят от свойств исходных материалов. Магнитодиэлектрики могут быть магнитомягкими и магнитотвердыми. В качестве исходных материалов для магнитодиэлектриков используют порошки электролитического или карбонильного железолегированного или нелегированного пермаллоя, железокремнийалюминиевых сплавов, железоникелькобальтовых сплавов, ферритов и других ферромагнетиков.

Экономическая эффективность обеспечивается как при производстве, так и за счет эксплуатационных качеств магнитных материалов из металлических порошков. В целом переход на изготовление деталей методом порошковой металлургии позволит снизить себестоимость их изготовления на 50% и более.

Пористые материалы, полученные методом порошковой металлургии, обладают рядом физико-механических свойств, выгодно отличающих их от существующих фильтров. Фильтровальные материалы, полученные методом порошковой металлургии, более прочны, способны регенерироваться в процессе эксплуатации, выдерживать резкую смену температур. Их получают из порошков бронзы, железа, никеля, нержавеющей стали, титана и других металлов и сплавов. Аналогами служат фильтры из ткани, сеток, керамики, капроновой лутанки и других материалов, которые уступают по своим свойствам фильтрам, изготовленным методом порошковой металлургии. Применение последних улучшает надежность работы машин и агрегатов, позволяет улавливать ценные продукты производства, повышает чистоту продуктов, дает возможность вести борьбу с загрязнением атмосферы и водоемов и т. п.

Фильтровальные материалы, изготовленные методом порошковой металлургии, обладают хорошей технологичностью. Их можно сваривать, паять, склеивать, прокатывать, а в ряде случаев подвергать механической обработке на металлорежущих станках.

Электрические контакты из металлических порошков и их соединений обеспечивают надежность работы выключающих устройств

электроаппаратуры и обладают всеми свойствами контактного сплава. Используются для размыкающих и скользящих контактов.

Контакты, полученные методом порошковой металлургии, создаются в виде псевдосплавов высокоэлектропроводных металлов (серебро, медь) с металлами, обладающими высокой прочностью (вольфрам, молибден). Вольфрам обеспечивает твердость, прочность и сопротивление испарению и эрозии, а медь или серебро придает контактам высокую электропроводность и теплопроводность.

По видам исходных материалов контакты разделяются: изготовленные на основе серебра и на основе вольфрама (проволочные). При выборе материала для контактов следует учитывать его свойства, конструкцию аппарата и условия его работы. Контакты из металлических порошков по сравнению с медными и серебряными (а в отдельных случаях и с золотыми и платиновыми) обладают более высокими термостойкостью, механической прочностью и стойкостью против эрозии, а также слабой привариваемостью. Это обеспечивает большую надежность и большой срок электрической аппаратуры.

По стойкости против дуговой эрозии контакты на основе вольфрама и серебра, вольфрама и меди в 5—15 раз (в зависимости от величины отключающего тока) превосходят применявшиеся ранее в этих режимах работы медные и латунные контакты. Применение контактов из металлических порошков обеспечивает значительную экономию драгоценных металлов. А в ряде случаев контактные изделия из металлических порошков вообще незаменимы. Только с применением контактных изделий, изготовленных методом порошковой металлургии, в дугогасящих устройствах и других элементах конструкций мощных выключателей открылась возможность коммутирования токов мощностью в миллиарды вольт-ампер на линиях дальних передач, в электрооборудовании контактного действия на крупных гидроэлектростанциях и других объектах. Наиболее широкое применение получили серебряновольфрамовые и медновольфрамовые контактные псевдосплавы.

*Проволочные контакты.* Эти контакты изготавливаются на основе серебра с добавками никеля и палладия; иногда добавляются и другие легирующие присадки и наполнители. Используются в контактных узлах приборов, коммутирующих электрический ток малой мощности. Приборы, выполняющие многочисленные функции в системах автоматического управления и контроля, устанавливаются на стационарных и движущихся объектах в различных климатических условиях и средах.

По своей механической и электрической стойкости проволочные контакты в 2—5 раз превосходят контакты из чистого серебра, обеспечивая при этом надежную и устойчивую работу приборов, успешно заменяют контакты на основе золота и платины, не ухудшая параметров работы приборов.

*Металлоподобные тугоплавкие соединения.* Развитие авиации,

ракетной техники, техники полупроводников, высокотемпературных процессов в металлургии, энергетике вызвало необходимость разработки и применения новых материалов со специальными свойствами. В последние годы все большее применение находят тугоплавкие соединения — карбиды, бориды, силициды, нитриды, сульфиды, алюминиды, бериллиды, отличающиеся высокими температурами плавления, твердостью, износостойкостью, жаропрочностью, химической стойкостью к агрессивным средам при высоких температурах и другими высокими физическими и химическими характеристиками. Благодаря этому они широко используются, обеспечивая большой экономический эффект в различных отраслях промышленности: создание высокотемпературных термопар для измерения с высокой точностью температур расплавленных металлов, сплавов, солей, горячих газов; создание футеровочных и защитных материалов и покрытий для черной, цветной металлургии и металлургии редких металлов, высокотемпературных теплообменников; изготовление деталей магнитодинамических насосов для транспортировки жидких металлов; производство деталей штампов, пресс-форм и деталей, работающих в условиях абразивного износа; изготовление нагревателей высокотемпературных печей сопротивления, лодочек, тиглей для плавки высокопрочных металлов и прецизионных сплавов и т. д.

*Другие материалы из металлических порошков.* Наряду с изготовлением готовых изделий технология порошковой металлургии позволяет получать полуфабрикаты в виде заготовок, например, путем прокатки металлических порошков. Примером таких полуфабрикатов являются: биметаллическая сталеалюминиевая проволока, которая может применяться при производстве неизолированных проводов для наружных электросетей; ленточные электроды из стеклита и стареющих легированных сплавов для механизированной наплавки деталей машин и аппаратов; листовой пористый прокат, используемый в качестве фильтров для очистки жидкостей, газов и расплавов; двух- и трехслойные ленты, более экономичные, чем ленты обычного производства, и т. д.

Номенклатура спеченных материалов не ограничивается приведенными примерами. Она может быть дополнена новыми видами материалов, которые находят все большее применение на практике, при этом часто не имеющими аналогов.

Эффективность материалов и методов порошковых покрытий и их модификаций определяется также системой взаимосвязанных технологических, технических, организационных и экономических факторов, проявляющихся в сфере производства, эксплуатации и ремонта техники. Например, эффективность упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственных машин и механизмов определяется не только повышением ресурса, износо- и коррозионной стойкости деталей машин, но также: использованием в качестве подложки для нанесения покрытия недорогих материалов или изношенных деталей; сокращением количества запасных деталей, затрат на ремонт техники и потерь, связанных с простоем техники;

увеличением выпуска продукции и получением в связи с этим экономии на условно-постоянных расходах; повышением производительности машин и оборудования; повышением уровня надежности узлов и машин в целом и другими факторами и показателями.

В связи с тем, что интенсивное развитие техники порошковых покрытий в нашей стране пришлось на последние годы, наука и практика не располагает обобщенными сведениями, тем более нормативами экономического эффекта. По заданию директивных органов экспертным методом был получен прогнозируемый эффект. Достоверность этих сведений находится на уровне экспертных оценок, так как массового обследования потребности и ее экономической оценки не проводилось. Но даже прогнозные оценки дают возможность сделать вывод, что будущее за этими материалами и технологиями. В настоящее время конкурентоспособность порошковых покрытий по отношению к спеченным материалам и полимерам, особенно для общемашиностроительных изделий и деталей, не вызывает сомнений.

Высокий уровень эффективности порошковых покрытий зависит в первую очередь от правильного выбора технологии и вида наносимого материала применительно к условиям эксплуатации (табл. 2).

**Т а б л и ц а 2. Основные сведения эффективности применения порошковых покрытий на примере детонационного метода**

Материал покрытия	Свойства покрытий	Области применения покрытий
Никель	Плотное металлическое покрытие с высокой прочностью сцепления, жаростойкое, коррозионно-стойкое	Восстановление изношенных деталей общего назначения
Железо	Плотное металлическое покрытие	То же
Медь	Плотное металлическое покрытие с высокой электропроводностью	Детали электро- и радиотехнической промышленности; используются в качестве подслоя для нанесения других покрытий
Кобальт	Высокая электропроводность, плотное покрытие с высокой прочностью сцепления	Восстановление изношенных деталей общего назначения; используются в качестве подслоя для нанесения других покрытий
Алюминий	Коррозионностойкое покрытие с высокой электропроводностью	Детали электро- и радиотехнической промышленности
Нихром	Плотное металлическое покрытие, коррозионно-	Восстановление деталей общего назначения; ис-

Материал покрытия	Свойства покрытий	Области применения покрытий
Никель—алюминий	стойкое с повышенной жаростойкостью Покрытие с высокой жаростойкостью в окислительных средах	используются в качестве подслоя для нанесения других покрытий Детали моторостроения; используются в качестве подслоя для нанесения других покрытий
Оксид алюминия	Покрытие с высокой износостойкостью, коррозионной стойкостью при высоких температурах в агрессивных средах; хорошие электроизоляционные свойства; обладает высокой твердостью, низким коэффициентом трения, хрупкостью и низкой теплопроводностью; является диэлектриком	Детали текстильных машин, запорные узлы гидронасосов, детали радиотехнической промышленности, исключают ударные нагрузки
Механическая смесь оксида алюминия и диоксида титана ( $Al_2O_3 + 40TiO_2$ )	Покрытие имеет полупроводниковые свойства, хорошая совместимость с синтетическими волокнами, коррозионная стойкость в морской воде. $TiO_2$ улучшает пластические свойства и стойкость к ударным нагрузкам, но ухудшает термические свойства	
Карбид хрома, магнетитовая шпинель	Высокая стойкость против эрозии и коррозии; не взаимодействует с расплавленными металлами и стеклом; диэлектрик, высокая стойкость против абляции	В основном применяется в смеси со связкой
Механическая смесь карбида вольфрама и кобальта	Покрытия с высокой износостойкостью, повышенной стойкостью к механическим и тепловым ударам; с повышением содержания смеси увеличивается пластичность	Бандажные полки лопаток компрессоров и другие детали самолетов, покрытия широко используются для замены спеченных твердых сплавов в инструментальной промышленности, на калибрах, измерительном инструменте, фильтрах, пуансонах, фрезах и других инструментах
Механическая смесь карбида хрома и никеля	Высокая износостойкость при повышенных температурах и в коррозионных средах	То же

Из приведенных в табл. 2 данных видно, что в отличие от газопламенного и плазменных методов детонационный метод позволяет получать плотные покрытия, работающие в жестких условиях эксплуатации.

Поверхность нагрева котлоагрегатов в процессе их эксплуатации подвергается неравномерному износу. Поэтому заводы-изготовители для prolongации срока службы вынуждены в несколько раз увеличивать толщину слоя покрытий, что оказалось неэффективным. Специалисты определили, что такие покрытия должны наноситься на изношенные участки котлоагрегатов в условиях их эксплуатации.

Применение порошковых покрытий позволит получать экономический эффект не только в производстве, но и при использовании изделия (детали) у потребителя. Выраженный в денежном измерении, он через разницу затрат в производстве и потребительской стоимости нового и заменяемого материала уже сейчас дает ощутимый эффект. Хотя практически по всем параметрам рассчитать потребительскую стоимость не представляется возможным, но экспертную оценку потребительских свойств произвести можно. Большой опыт в этом накоплен в ГДР.

Несмотря на некоторые достоинства этого метода, надо отметить несовершенство экспертной оценки свойств баллами или коэффициентами значимости отдельных параметров и групп потребительских свойств изделий.

В Институте проблем материаловедения АН УССР разработан метод оценки практически всех параметров материалов и изделий из них. В области порошковых покрытий этот метод разработан хуже, что не дает возможности произвести достоверную оценку экономической эффективности порошковых покрытий и изделий в эксплуатации. Например, экономический эффект общемашиностроительных изделий (деталей) в этой сфере определяют увеличением срока службы нового изделия по сравнению с базовым.

В табл. 3 приведены некоторые сведения об экономической эффективности научно-технических разработок в области порошковых покрытий. Несмотря на то что в расчетах экономического эффекта не были учтены все факторы, приведенные данные дают возможность судить о перспективе развития этого метода.

Таблица 3. Экономическая эффективность научно-технических разработок в области порошковых покрытий<sup>1</sup>

Научно-техническая разработка	Место внедрения	Объем производства, шт		Размер ожидаемого экономического эффекта, тыс. руб.
		по базовому варианту	по новому варианту	
1. Диффузионное борирование стальных втулок (сталь 45), защитных втулок вращающихся	Ирпийский горно-обогатительный комбинат	2100	1300	7,3

<sup>1</sup> Расчеты выполнены автором.

Научно-техническая разработка	Место внедрения	Объем производства, шт		Размер ожидаемого экономического эффекта, тыс. руб.
		по базовому варианту	по новому варианту	
валов на стальные втулки с покрытием никельборидной смесью, содержащей включение карбида титана	тительный комбинат			
2. Замена волоочильных дисков из легированной стали 40 на сталь 45 с покрытием из оксида хрома методом плазменного напыления	Киевский завод «Укркабель»	485 компл.	290 компл.	15,8
3. Восстановление деталей прядильного и ткацкого оборудования из стали покрытием износостойкими порошками	Ровенский льнокомбинат	25700	5100	34,9
4. Замена деталей текстильных машин из стали с хромированным покрытием на детали из стали с порошковым покрытием, полученным плазменным методом	Ленинградское машиностроительное объединение имени К. Маркса «Укрзападуголь»	25200	10500	157,2
5. Замена деталей механизированной крепи шахтного оборудования из стали высокого качества на детали из углеродистой стали		22460	9040	245,3
6. Восстановление деталей судового оборудования из стали методом плазменного нанесения покрытия	ИСО «Югребсудо-ремонт»	10100	6800	853,6
7. Замена механических уплотнителей насосов из сортовой стали 40Х11 импортного производства на уплотнители отечественного производства с износостойким покрытием, полученным плазменным методом	Николаевский глиноземный завод	1550	155	826,0
8. Замена деталей из стали на предприятиях мясомолочной промышленности на детали из низкесортной стали с бэрированным покрытием	Киевский мясокомбинат	103400	57000	25,0

### 3. Методы определения экономической эффективности производства и применения изделий порошковой металлургии и порошковых покрытий

На практике народнохозяйственную экономическую эффективность научно-технических и организационных мероприятий в области порошковой металлургии определяют для различных целей,

с разной глубиной и масштабиостью обоснования, при расчете основного показателя — годового экономического эффекта определяют абсолютные (экономия ресурсов) и относительные показатели (экономия отдельных видов ресурсов без учета масштабов внедрения: производительность труда, фондоотдача, себестоимость и др.) на момент освоения и внедрения новой техники, увеличения объемов и масштабов ее производства и использования результатов. Расчет экономической эффективности новой техники производится на основе сравнения возможных вариантов научно-технического решения в одинаковых или примерно аналогичных условиях по единой классификации учитываемых затрат, приведенных для сравнения. За базу сравнения принимается заменяемая техника, а также имеющая аналогичное целевое назначение и применяемая в сравнимых условиях.

Эффективным вариантом новой техники считается тот, который при обеспечении заданных научно-технических, социальных и экологических эффектов позволит получить наибольший экономический эффект. При этом необходимо также проводить сравнение с лучшей зарубежной техникой, а для целей ценообразования — с отечественными аналогами, имеющими оптовую цену. Для приведения уровня себестоимости продукции к расчетному году следует применять укрупненные коэффициенты приведения  $a_t^*$  (табл. 4).

Таблица 4. Коэффициенты приведения затрат к расчетному году

Число лет, предшествующих расчетному году	$a_t$	Число лет, следующих за расчетным годом	$a_t$	Число лет, следующих за расчетным годом	$a_t$
10	2,5937	1	0,9091	11	0,3505
9	2,3579	2	0,8264	12	0,3186
8	2,1436	3	0,7513	13	0,2897
7	1,9487	4	0,6830	14	0,2633
6	1,7716	5	0,6209	15	0,2394
5	1,6105	6	0,5645	20	0,1486
4	1,4641	7	0,5132	25	0,0923
3	1,3310	8	0,4665	30	0,0573
2	1,2100	9	0,4241	40	0,0221
1	1,1000	10	0,3855	50	0,0085
0	1,0000				

Коэффициент приведения к расчетному году

$$a_t = (1 + E_n)^{-t} p^{-1},$$

где  $E_n$  — норматив приведения разновременных затрат и результатов, численно равный нормативу эффективности капитальных вло-

\* Методические рекомендации по комплексной оценке эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса, утверждены постановлением Государственного комитета СССР по науке и технике и Президиумом Академии наук СССР 3 марта 1988 г. № 60/52.

жений ( $E_n = 0,1$ );  $t_p$  — расчетный год;  $t$  — год, затраты и результаты которого приводятся к расчетному году.

Выбор базы сравнения является самым ответственным моментом в расчете экономического эффекта новой техники. В отраслевых методиках имеется несколько методических подходов, однако предложить типовой подход не представляется возможным, так как на практике возникает огромное количество экономических ситуаций. В любом случае результат зависит от количества и качества информационного материала.

В зависимости от того, для чего используются результаты определения экономической эффективности новой техники, определяют круг элементов расчета (сведений и данных) или технико-экономического обоснования. Так, для расчета народнохозяйственного экономического эффекта по результатам научно-технических разработок в области защитно-восстановительных покрытий достаточно тех сведений и данных, которые необходимо привести в информационной карте (запросе), приведенной ниже.

### Информационная карта

(технико-экономические сведения по результатам прикладных научно-технических разработок в области защитно-восстановительных покрытий)

1. Полное название разработки \_\_\_\_\_
2. Организация-разработчик. Ее адрес \_\_\_\_\_
3. Краткое содержание разработки (ключевые слова) \_\_\_\_\_
4. Сроки выполнения: начало \_\_\_\_\_ окончание \_\_\_\_\_
5. Разовые затраты на разработку (цена разработки), тыс. руб. \_\_\_\_\_
6. Предприятие (организация)-заказчик. Его адрес \_\_\_\_\_
7. Наименование изделия (детали). Его геометрическая форма и размеры, масса; условия работы \_\_\_\_\_
8. Материал подложки (покрываемой поверхности) \_\_\_\_\_
9. Количество слоев. Площадь,  $\text{дм}^2$ ; толщина (глубина) напыления, мм \_\_\_\_\_
10. Коэффициент использования порошка \_\_\_\_\_
11. Основные материалы \_\_\_\_\_
- 11.1. Марка порошка (смеси) \_\_\_\_\_
- 11.2. ГОСТ (ТУ) \_\_\_\_\_
- 11.3. Организация-разработчик \_\_\_\_\_
- 11.4. Предприятие (я)-производитель (и) \_\_\_\_\_
- 11.5. Основной компонент порошка (смеси) \_\_\_\_\_

- 11.6. Общая характеристика порошка (смеси) \_\_\_\_\_
- 11.7. Химический состав порошка (смеси) \_\_\_\_\_
- 11.8. Метод нанесения покрытий \_\_\_\_\_
- 11.9. Назначение порошка (смеси) \_\_\_\_\_
- 11.10. Расход основного материала в натуральном измерении, кг/дм<sup>2</sup> \_\_\_\_\_
- 11.11. Нормы расхода основных материалов, кг/дм<sup>2</sup> \_\_\_\_\_
- 11.12. Расход порошка (смеси) в стоимостном измерении, руб.-коп/дм<sup>2</sup> \_\_\_\_\_
- 11.13. Цена порошка (компонентов). Подтверждающие документы (ценники) \_\_\_\_\_
12. Оборудование, его состав, балансовая стоимость, руб/ед. \_\_\_\_\_
13. Производительность оборудования, кг/ч, и др. \_\_\_\_\_
14. Технология обработки покрытия. Применяемый инструмент. Нормы расхода инструмента. Цена \_\_\_\_\_
15. Назначение покрытий \_\_\_\_\_
16. Свойства покрытий (размерность по принятой системе обозначений) \_\_\_\_\_
- 16.1. Пористость \_\_\_\_\_
- 16.2. Плотность \_\_\_\_\_
- 16.3. Прочность сцепления \_\_\_\_\_
- 16.4. Микротвердость \_\_\_\_\_
- 16.5. Твердость \_\_\_\_\_
- 16.6. Электросопротивление \_\_\_\_\_
- 16.7. Коррозионная стойкость \_\_\_\_\_
- 16.8. Теплопроводность \_\_\_\_\_
- 16.9. Износостойкость \_\_\_\_\_
- 16.10. Термостойкость \_\_\_\_\_
- 16.11. Другие специальные свойства \_\_\_\_\_
17. Объем производства; количество изготавливаемых изделий (деталей) одного наименования или типоразмера \_\_\_\_\_
18. Потребность в деталях на момент обследования, освоения, серийного или массового выпуска продукции, тыс. шт. \_\_\_\_\_
19. Себестоимость покрытия, руб/дм<sup>2</sup> (или исходная информация для ее расчета) \_\_\_\_\_

- 19.1. Технологическая себестоимость, руб/дм<sup>2</sup> \_\_\_\_\_
- 19.2. Себестоимость цеховая, фабрично-заводская, полная (нужное подчеркнуть), руб/дм<sup>2</sup> \_\_\_\_\_
20. Цена покрытия, руб/дм<sup>2</sup> \_\_\_\_\_
21. Нормы расхода \_\_\_\_\_
- 21.1. Газа, м<sup>3</sup>/дм<sup>2</sup> \_\_\_\_\_
- 21.2. Электроэнергии, кВт. ч/дм<sup>2</sup> \_\_\_\_\_
- 21.3. Воды, м<sup>3</sup>/дм<sup>2</sup> \_\_\_\_\_
- 21.4. Прочие расходы на 1 дм<sup>2</sup> покрываемой поверхности \_\_\_\_\_
22. Трудозатраты норма ч/дм<sup>2</sup> (или исходная информация для их расчета) \_\_\_\_\_
- 22.1. Сменность производства \_\_\_\_\_
- 22.2. Продолжительность смены, ч \_\_\_\_\_
- 22.3. Тарифная ставка или расценки для слесарщиков (по операциям технологического процесса, руб.-коп/ч) \_\_\_\_\_
23. Накладные расходы цеха, предприятия (нужное подчеркнуть), % \_\_\_\_\_
24. Себестоимость аналога (заменяемого) изделия (детали), руб/ед. \_\_\_\_\_
25. Сведения о техническом, социальном и других эффектах (удельное снижение трудоемкости, расхода материалов, повышение срока службы изделия, экономия запасных частей и т. п.) \_\_\_\_\_
- Источники информации \_\_\_\_\_

В настоящее время промышленностью в широких масштабах осваиваются новые виды спеченных изделий и порошковых покрытий, так что вопрос определения потребности в них является весьма актуальным. Отбор деталей, которые можно рекомендовать для изготовления методом порошковой металлургии, и оформление первичной документации производится в следующем порядке. В первую очередь отбираются детали высокой серийности. Детали из литья и проката черных металлов целесообразно переводить на изготовление методом порошковой металлургии при серийности не менее 10 тыс. штук, детали цветных металлов — при серийности не менее 3 тыс. штук. Для деталей с особыми свойствами не представляется возможным установить экономически целесообразный уровень серийности, поэтому вопрос о переводе их на изготовление методом порошковой металлургии должен решаться индивидуально.

После изучения номенклатуры деталей рассматриваются завод-

ские нормали. При отборе нормализованных деталей необходимо учитывать их применяемость в настоящем и будущем. Для деталей, рекомендуемых для унификации, экономически целесообразная серийность определяется при установлении объема годового выпуска всех унифицированных деталей.

На изготовление методом порошковой металлургии могут быть переведены самые разнообразие детали, получаемые методом механической обработки из различных компактных материалов: обыкновенных конструкционных, углеродистых качественных конструкционных и хромистых сталей, серого, ковкого и антифрикционного чугуна, легированных конструкционных сталей, меди, латуни, бронзы. Для перевода на изготовление методом порошковой металлургии могут быть рекомендованы изделия различной геометрической конфигурации, причем наиболее технологичными являются те, что не имеют переходов по сечению в направлении приложения усилия прессования. Изготовление изделий, имеющих один переход по сечению в направлении усилия прессования, приводит к некоторому усложнению прессового инструмента и оборудования. Общая трудность в изготовлении спеченных изделий заключается в их тонкостенности, наличии относительно тонких выступов, углов, зазоров и переходов. Практически возможно изготовление изделий (в частности, на железной основе) с отношением самых тонких сечений к общему сечению не более 1/10.

Изготовление изделий более сложной формы, имеющих два и более переходов по сечению в направлении приложения усилия прессования, а также изделий, ограниченных сферической, конической и другого вида криволинейными поверхностями, наклонными плоскостями и т. д., сопровождается не только значительным усложнением прессового инструмента и оборудования, но связано и с рядом технологических трудностей. Вопрос о возможности изготовления таких деталей решается индивидуально после получения чертежей. Отбор номенклатуры деталей для перевода на изготовление их методом порошковой металлургии производится конструкторами и технологами завода путем подетального просмотра чертежей, ознакомления с техническими требованиями на детали и условиями их работы.

Для составления окончательных рекомендаций отобранная номенклатура компактных деталей подлежит дальнейшему технологическому и экономическому изучению. Основные сведения, необходимые для последующих расчетов и в первую очередь для определения прогрессивных удельных норм применения спеченных деталей в изделиях массового производства, заносятся в форму 1. При разработке удельных прогрессивных норм учитывается технологическая готовность деталей к внедрению (по годам). Исходя из условий и специфики работы деталей, узлов и в целом машин подбирают спеченный материал, обеспечивающий технические требования, предъявляемые к этим деталям. Приводится перечень изделий, в которых применяются спеченные детали или детали, рекомендуемые к переводу на изготовление методом порошковой

Город \_\_\_\_\_  
 Завод \_\_\_\_\_  
 Министерство \_\_\_\_\_

**Прогрессивные удельные нормы  
 применения спеченных деталей в изделиях (машинах, агрегатах,  
 аппаратах, приборах и др.) массового производства.  
 Объем производства, тыс. руб.**

Наименование изделия	Шифр изделия	Стоимость изделия, тыс. руб.	Масса изделия, т	Количество наименований (типоразмеров) деталей на изделие, шт.		Количество спеченных деталей на изделие, шт.		Масса спеченных деталей на изделие, кг	
				а	б	а	б	а	б

Примечание. *а* — внедренные спеченные детали; *б* — детали, рекомендованные металлургии. Каждому изделию в форме 1 присваивается шифр (порядковый номер).

По отобранным изделиям должны быть получены следующие сведения: масса, стоимость, объем выпуска по годам, норма применения спеченных деталей на одно изделие, количество и масса деталей, рекомендуемых к переводу на изготовление методом порошковой металлургии. Полученные материалы позволят определить потребность в спеченных изделиях в настоящий момент и на перспективу.

Более подробные данные о спеченных деталях из металлических порошков общемашиностроительного и электротехнического назначения, которые уже применяются на предприятиях, заносятся в форму 2.

Детали, намеченные к переводу на изготовление методом порошковой металлургии, заносятся в форму 3, в которой отражаются основные технико-экономические показатели их производства. Графы 5 (формы 2) и 4 (форма 3) «Служебное назначение» заполняются в соответствии со следующей группировкой спеченных деталей: конструкционные, антифрикционные, фильтры, фрикционные, контакты, магниты, прочие. Графы 9 и 10 заполняются на основании данных о спеченных материалах и коэффициентах их перевода, представленных в табл. 5.

При заполнении граф 17—24 — «Себестоимость изготовления» — при отсутствии калькуляций на детали рекомендованные к пере-

Объем выпуска изделий по годам, тыс. шт.				Потребность в спеченных деталях							
				1975 г.			1988 г.				
				1975 г.	...	1988 г.	...	всего	в том числе		всего
а	б	а	б								

для изготовления методом порошковой металлургии.

воду данные необходимо получить расчетным путем, исходя из норм расхода материалов, их стоимости, транспортно-заготовительных расходов, нормативных трудовых затрат и действующих часовых расценок.

При изготовлении детали в различных цехах (литейном, механическом и др.) цеховые расходы определяются как средние по заводу, а в случае отсутствия данных — по ведущему цеху. Здесь же производится классификация отобранной номенклатуры деталей по группам сложности согласно классификатору групп сложности изделий порошковой металлургии общемашиностроительного и электротехнического назначения (Приложение 4)

В форме 3 приводится также технологическое заключение об очередности внедрения деталей, для чего установлены три понятия: «годная», «опытная», «экспериментальная». Понятие «годная» содержит следующие определения: имеется достаточный опыт по внедрению в промышленность деталей данной группы сложности (простой); класс точности деталей 4—3; деталь может быть полностью изготовлена методом порошковой металлургии и не требует сложной механической обработки.

Понятие «опытная» содержит следующие определения: нет достаточного опыта по внедрению в производство деталей данной группы сложности (сложная); класс точности деталей 2; необходимо выполнить сложную механическую обработку, в связи с чем





Город  
 Завод  
 Министерство

Форма 3

**Номенклатура деталей,  
 намеченных к переводу на изготовление методом порошковой металлургии  
 для изделия**

(тип и марка машины, аппарата, прибора и др.)

Шифр изделия и наименование деталей	Номер чертежа детали	Группа сложности	Служебное назначение	Материал детали		Вид заготовки (литье, штамповка,ковка)	Чистая масса компактной детали, кг	Коэффициент перевода	Масса спеченной детали, кг	Годовой выпуск деталей в 19 г. с учетом запчастей, тыс. шт.
				компактной	спеченной					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Приложение формы

Нормативная трудоемкость изготовления 1000 шт., ч		Себестоимость изготовления 1000 шт.							Технологическое заключение об очередности внедрения детали	Техническая характеристика заменяемой детали
		детали				заготовки				
всего	в том числе станочные работы	всего	в том числе		Всего	в том числе				
			материал	заработная плата		материал	заработная плата	накладные расходы		
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Дополнительные сведения для расчетов: процент накладных расходов цеха--изготовителя заготовок.

Таблица 5. Коэффициенты перевода компактных материалов на изготовление методом порошковой металлургии

Материал	Заменяемые металлы					
	чугун	сталь	латунь	бронза	медь	алюминий
Пористое железо и железозографит	0,82	0,73	0,68	0,65	—	—
Железографит, легированный медью	0,89	0,79	0,73	0,71	—	—
Сульфидированное пористое железо и железозографит	0,82	0,73	0,68	0,65	—	—
Бронзографит	0,98	0,87	0,81	0,78	—	—
Железо чистое	1,06	0,94	0,88	0,84	—	—
Железо углеродистое (1% графита)	1,04	0,93	0,86	0,83	—	2,83
Железо углеродистое, легированное медью	—	0,83	—	—	—	—
Железо, пропитанное медью (10—21%)	—	1,01	0,95	0,91	0,91	—
латунью	1,13	1,01	0,93	0,90	—	—
Медь чистая	—	—	—	—	0,90	—
Латунь чистая	—	—	0,90	0,86	—	—
Железо, легированное хромом	0,99	0,88	0,82	0,79	—	2,69
Бронза	1,12	1,0	0,93	0,89	—	—

Примечание. Прочерки указывают на невозможность или экономическую нецелесообразность замены материалов.

деталь требует проведения дополнительных натуральных испытаний.

Понятие «экспериментальный» содержит в себе следующие определения: нет опыта по формообразованию деталей данной группы сложности (весьма сложная); нет данных о влиянии процессов спекания на изготовление деталей заданных форм; класс точности деталей 2—1; необходимо выполнить экспериментальные работы по изучению процессов формообразования и спекания и возможности дополнительной механической обработки без нарушения прочностных характеристик спеченной детали.

На все детали, намеченные к переводу на изготовление методом порошковой металлургии, прилагаются чертежи в двух экземплярах. На обратной стороне каждого чертежа указываются условия работы детали и предъявляемые к ней технические требования. При этом должно быть освещено следующее: назначение детали, краткое описание ее работы в узле; нагрузки, воспринимаемые деталью, их характер (статистические, ударные, знакопеременные и др.) и величина; характер относительного перемещения деталей, его величина и скорость; окружающая среда, смазка (вид и режим); чем обусловлен выбор марки компактного (указанного на чертеже) материала; для деталей, работающих на трение, — поверхность (дорожка) трения, марка материала сопрягаемой детали, ее термообработка, твердость; чем вызвано применение термообработки или покрытия; особые требования к детали.

В конструкциях машин имеются рабочие узлы и отдельные детали (фильтры, магниты, контакты и др.), от работы которых зависят надежность и эксплуатационные качества всего изделия. Например, в пушке для набрызга цемента быстроизнашивающейся деталью является наконечник подачи песка. От его стойкости к абразивному износу зависит эффективность работы агрегата в целом.

Целью отбора таких деталей является изучение возможности перевода их на изготовление методом порошковой металлургии или другими новыми методами, позволяющими увеличить надежность и срок службы деталей и машины в целом. В формах 1—3 эти детали следует выделить отдельно. При этом большое значение имеет определение технических преимуществ этих деталей (повышенная износостойкость, надежность и др.).

Отбор номенклатуры деталей с особыми свойствами для перевода на изготовление их методом порошковой металлургии производится так же, как и деталей общемашиностроительного назначения. После выполнения работ по отбору номенклатуры деталей, рекомендованных к переводу на изготовление методом порошковой металлургии, и обобщению сведений об уже внедренных спеченных деталях проводится обработка материалов обследования предприятий для определения потребности в изделиях порошковой металлургии и порошковых покрытий по каждому предприятию и в целом по промышленности, экономической целесообразности перевода компактных деталей на изготовление их методом порошковой металлургии и расчета удельных норм применения деталей из металлических порошков. Это позволяет своевременно планировать развитие производственных мощностей для реализации потребности в спеченных изделиях. Такой методический подход дает возможность получить большой объем достоверной информации для многоцелевого использования.

Поскольку в настоящее время созданы Единая система конструкторской документации, устанавливающая единую классификационную систему обозначений изделий и конструкторских документов, а также Общесоюзный классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции с иллюстрированным определителем деталей общемашиностроительного применения, на базе описываемой методики необходимо разработать информационно-поисковую систему (ИПС) экономики и ценообразования порошковой металлургии и порошковых покрытий.

Одним из конструктивных элементов ИПС может быть Классификатор групп сложности спеченных изделий (приложение 4), разработанный в ИПМ АН УССР для целей ценообразования на продукцию порошковой металлургии. Из иллюстрированного определителя деталей общемашиностроительного применения (класс 40 — тела вращения, класс 50 — другие геометрические формы) видно, что по классификационным признакам классификатор групп сложности спеченных изделий должен иметь не менее шести групп

сложности. Однако такая дифференциация сложности изготовления агрегированных изделий в прейскуранте оптовых цен № 2/5—02 не может быть учтена нормированием трудоемкости изготовления данного вида продукции и нормами на технологическую оснастку.

Сложность нанесения порошковых покрытий определяется в зависимости от метода нанесения. Основными признаками для выбора детонационного, плазменного и газоплазменного методов являются геометрическая форма детали (круглая, сферическая, плоская), внутренняя и наружная поверхности. Для диффузионного насыщения определяющими признаками являются размеры детали и ее конфигурация и т. д.

Проблема нанесения порошковых покрытий в достаточной степени еще не решена, так как нет еще единого прейскуранта на этот вид продукции.

Экономический эффект от внедрения методов порошковой металлургии и покрытий в промышленности может быть дифференцирован в зависимости от сферы его проявления, времени, в течение которого он исчисляется. В зависимости от сферы проявления можно различать эффект у производителя материалов (изделий), у потребителя, эксплуатирующего эти изделия, и народнохозяйственный.

Экономическая оценка эффективности производства и применения научно-технических мероприятий основана на методических положениях, базирующихся на основных принципах, изложенных в Методических рекомендациях по комплексной оценке эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса. Методические рекомендации по сравнению с ранее действовавшей Типовой методикой предусматривают комплексный подход к оценке мероприятий научно-технического прогресса. Рекомендации четко разграничивают стадии создания, производства и использования новых предметов труда, а также способы и методы организации производства, труда и управления.

При этом народнохозяйственный подход должен соблюдаться на стадиях технико-экономического обоснования; при формировании планов научных исследований и опытно-конструкторских работ в части проведения оценки эффективности мероприятий научно-технического прогресса по условиям использования продукции, проведения расчета экономической эффективности по всему циклу разработки и реализации мероприятий.

Методическими указаниями предусмотрено проведение расчетов с применением системы технико-экономических нормативов, учет временного фактора (что достигается приведением к единому расчетному году), а также единого по народному хозяйству норматива эффективности капитальных вложений и нормативов платы за трудовые и природные ресурсы, нормативов отчислений от прибыли (в новых условиях хозяйствования) и т. д. Экономический эффект мероприятий НТП рассчитывается по условиям использования продукции за расчетный период. Суммарный по годам расчетного

периода экономический эффект рассчитывается как разница стоимостной оценки результатов осуществления мероприятий за расчетный период и стоимостной оценки затрат на осуществление мероприятий за тот же период. Расчет экономического эффекта проводится с обязательным приведением разновременных затрат и результатов к единому для всех вариантов мероприятия к расчетному году (предшествующего началу выпуска продукции) или использования новых методов организации производства, труда или управления.

Как было сказано, Методическими указаниями предусмотрено приведение разновременных затрат и результатов всех лет периода реализации мероприятий к расчетному году, что осуществляется путем умножения их величины за каждый год на коэффициент приведения  $\alpha_t$ .

Стоимостная оценка результатов за расчетный период определяется по формуле

$$P_T = \sum_{t=t_n}^{t_k} P_t \alpha_t,$$

где  $P_t$  — стоимостная оценка результатов в  $t$ -м году расчетного периода;  $t_n$  — начальный год расчетного периода;  $t_k$  — конечный год расчетного периода.

За начальный год расчетного периода принимается год начала финансирования работ, за конечный год — год завершения всех мероприятий научно-технического прогресса и начала использования результатов мероприятий в народном хозяйстве.

Стоимостная оценка результатов определяется как сумма основных  $P_i^o$  и сопутствующих  $P_i^c$  результатов.

Для новых предметов труда (сырье, материалы, комплектующие изделия)

$$P_i^c = \frac{A_i}{y_i} \cdot \Pi_i.$$

где  $A_i$  — объем применения новых предметов труда в году  $t$ ;  $y_i$  — расход предметов труда на единицу продукции, производимой с их использованием в году  $t$ ;  $\Pi_i$  — цена единицы продукции в году  $t$ .

В стоимостную оценку сопутствующих результатов включаются дополнительные экономические результаты в разных сферах народного хозяйства, а также экономические оценки социальных и экологических последствий реализации мероприятий научно-технического прогресса. В основу расчетов принимаются целевые нормы, что отражено в следующей формуле:

$$P_i^c = \sum_{j=1}^n R_{jt} \cdot d_{jt}$$

где  $R_{jt}$  — величина отдельного результата в натуральном измерении (с учетом масштаба его внедрения в году  $t$ );  $d_{jt}$  — стоимостная

оценка единицы отдельного результата в году  $t$ ;  $n$  — число показателей, учитываемых при определении воздействия мероприятия на окружающую среду и социальную сферу.

Величина экономического эффекта от производства новой продукции на расчетный год представляет собой разность приведенных затрат базового и нового вариантов с учетом объемов внедрения в производство и определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{пот}} = [(C_1 + E_{\text{н}} K_1) - (C_2 + E_{\text{н}} K_2)] B,$$

где  $\mathcal{E}_{\text{пот}}$  — экономический потенциал года;  $B$  — ожидаемый годовой объем производства продукции в натуральном или денежном измерении;  $C_1, C_2$  — себестоимость единицы продукции соответственно в базовом и новом вариантах;  $K_1, K_2$  — удельные капитальные затраты соответственно в базовом и новом вариантах;  $E_{\text{н}}$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (0,1).

В некоторых расчетах, если используются не удельные дополнительные капитальные затраты, а их общая величина, удобно пользоваться этой же формулой в виде

$$\mathcal{E}_{\text{пот}} = (C_1 - C_2) B - E_{\text{н}} K_{\text{доп}},$$

где  $K_{\text{доп}}$  — дополнительные капитальные затраты, равные  $K_1 - K_2$ .

При оценке экономической эффективности в дополнительные капитальные затраты, сопутствующие производству и применению нового материала, включаются производственные затраты на научно-исследовательские, конструкторские работы и их внедрение.

Возникновение метода порошковой металлургии обусловлено в первую очередь качественными сдвигами в материаловедении. Улучшение потребительских свойств основных изделий из металлических порошков в большинстве случаев возможно несколькими способами. Основные из них:

проведение дополнительных операций (многократное прессование и спекание, калибрование, всевозможные виды прокатки);

введение в шихту легирующих добавок.

Так, прочность изделий значительно повышается при введении в шихту углерода, серы, фосфора, силиция, магния, никеля, хрома, алюминия, меди, которые являются наиболее дешевыми и эффективными добавками.

Улучшение потребительских свойств изделий при нанесении покрытий оказывает существенное влияние на величину и структуру себестоимости и требует дополнительных затрат. В то же время улучшение потребительских свойств сокращает затраты в сфере эксплуатации, т. е. экономический эффект получает потребитель этой продукции: поэтому необходимо рассчитать полные народнохозяйственные затраты — затраты сферы производства и потребления данной продукции на предприятиях отрасли или ряда отраслей. Если новая продукция отличается от сравниваемой повышенным сроком службы, то базовая себестоимость корректируется на коэффициент увеличения срока службы.

Народнохозяйственный экономический эффект от применения

продукции улучшенного качества за счет повышения срока ее службы определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{н.х} = [(W_1 + EK_1)a - (W_2 + EK_2)]B_2 + (W_1 - W_2)(K_1 - K_2),$$

где  $W_1$  и  $W_2$  — текущие затраты потребителя, сопутствующие применению соответственно старой и новой продукции;  $K_1$  и  $K_2$  — капитальные затраты потребителя, сопутствующие применению соответственно старой и новой продукции;  $B_2$  — годовой объем применения продукции повышенного качества;  $a$  — коэффициент увеличения срока службы новой продукции (определяется отношением срока службы новой продукции  $t_2$  к сроку службы старой продукции  $t_1$ ).

Деление затрат на капитальные и текущие носит условный характер, так как, во-первых, трудно установить между ними границу, а во-вторых, экономический эффект от снижения капитальных затрат вполне соизмерим с эффектом от снижения текущих затрат вследствие того, что их причиной является экономия затрат рабочего времени. Однако такая дифференциация затрат имеет большое практическое значение, так как позволяет более точно учитывать общественно необходимые издержки на производство продукции, определять результаты хозяйственной деятельности предприятий, осуществлять плановое ценообразование, сопоставлять различные варианты технического прогресса и т. д.

Кроме того, точность и единообразие в расчетах экономической эффективности зависят от правильности определения затрат — капитальных и текущих. К капитальным обычно относят единовременные затраты на приобретение или создание основных производственных фондов, к текущим — затраты, которые периодически повторяются в каждом производственном цикле и составляют основное содержание себестоимости продукции.

По основным видам новых материалов при расчетах экономического эффекта намечился дифференцированный методический подход, в ряде случаев развивающий отраслевые методики расчета экономической эффективности спеченных материалов и порошковых покрытий. Приведенные примеры расчетов экономической эффективности составлены в рамках действующей на данный момент типовой методики.

Методы расчета экономии от снижения себестоимости за счет применения новых технологий порошковой металлургии (по статьям затрат) приведены ниже.

Экономия от снижения себестоимости изделия  $\mathcal{E}$  в результате внедрения новой техники определяется путем сопоставления себестоимости базового  $C_1$  и внедряемого  $C_2$  вариантов

$$\mathcal{E} = C_1 - C_2.$$

*Экономия за счет снижения затрат на основные и вспомогательные материалы*

Если внедрение новой техники вызывает изменение затрат по данной статье, то это изменение  $\mathcal{E}_M$  определяется сопоставлением затрат по базовому и новому вариантам:

$$\mathcal{E}_M = W_1 - W_2 \text{ или}$$

$$\mathcal{E}_M = B_1 \left[ \sum_{i=1}^n (H_1 \Pi_{M_1} K_{T.3} - Q_{O_1} \Pi_{O_1}) - \sum_{i=1}^n (H_2 \Pi_{M_2} K_{T.3} - Q_{O_2} \Pi_{O_2}) \right].$$

Затраты на материалы определяются по формулам:

$$W_{M_1} = \sum_{i=1}^n (H_1 \Pi_{M_1} K_{T.3} - Q_{O_1} \Pi_{O_1}) B_1;$$

$$W_{M_2} = \sum_{i=1}^n (H_2 \Pi_{M_2} K_{T.3} - Q_{O_2} \Pi_{O_2}) B_2,$$

где  $H_1$  и  $H_2$  — нормы расхода основного и вспомогательного материала на единицу продукции по сравниваемым вариантам (принимаются по нормативам или фактическим данным), кг;  $\Pi_{M_1}$ ,  $\Pi_{M_2}$  — цены на материалы по сравниваемым вариантам (на покупные материалы цены определяются по прейскурантам, при отсутствии в прейскурантах оптовых цен применяются договорные цены), руб./1 кг;  $K_{T.3}$  — коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (ориентировочно для черных металлов равен 1,05—1,08; для цветных металлов, сплавов и драгоценных металлов принимаются по данным предприятия);  $Q_{O_1}$ ,  $Q_{O_2}$  — количество используемых (реализуемых) отходов материалов (определяется по нормативным или фактическим данным, или по аналогам со сходными изделиями и производствами, или экспериментальным путем), кг;  $\Pi_{O_1}$  и  $\Pi_{O_2}$  — цена единицы отходов материала по сравниваемым вариантам (при использовании отходов принимается полная цена основного материала, при сдаче в качестве вторичного сырья — по цене лома), руб.;  $B_1$ ,  $B_2$  — годовой объем производства продукции по базовому и внедряемому вариантам, руб.

*Экономия по статье «Заработная плата»*

Экономия за счет уменьшения трудоемкости и сокращения вспомогательных работ  $\mathcal{E}_3$  рассчитывается сопоставлением данных базового  $Z_1$  и нового  $Z_2$  вариантов

$$\mathcal{E}_3 = Z_1 - Z_2,$$

$$\text{где } Z_1 = Z_{O.p_1} + Z_{B.p_1};$$

$$Z_2 = Z_{O.p_2} + Z_{B.p_2},$$

где  $Z_{O.p}$  — заработная плата основных производственных рабочих (с начислениями), руб.;  $Z_{B.p}$  — заработная плата вспомогательных рабочих (с начислениями), руб.;

Зарботная плата основных производственных рабочих определяется по формуле

$$Z_{o.p} = (Z_{т.с} K_{д.з} \beta H_{тp}) B_1, \quad (1)$$

где  $Z_{т.с}$  — средняя часовая тарифная ставка основных производственных рабочих (принимается по действующей на предприятии тарифной сетке; при обслуживании оборудования несколькими рабочими с разными разрядами в расчете учитывается средневзвешенная величина часовой тарифной ставки, руб.-коп;  $K_{д.з}$  — коэффициент, учитывающий среднюю дополнительную заработную плату, доплаты и начисления в фонд социального страхования;  $\beta$  — коэффициент, учитывающий бригадность, многостаночность одновременного обслуживания единицы оборудования (при бригадном обслуживании коэффициент равен числу рабочих в бригаде при многостаночном — отношению времени занятости рабочего на единицу оборудования ко времени занятости его в течение одного цикла обслуживания группы станков);  $H_{тp}$  — норма трудоемкости изготовления изделия (определяется расчетным путем).

Зарботная плата вспомогательных рабочих (наладчиков, настройщиков, крановщиков и т. д.)  $Z_{в.p}$  определяется прямым и косвенным путем.

При закреплении рабочего за определенной операцией заработная плата рассчитывается по формуле (1) и величина  $H_{тp}$  характеризует время занятости рабочего данной профессии и квалификации на операции. Это время определяется как отношение нормы времени на операцию к числу единиц оборудования, обслуживаемого рабочим, бригадой. При отсутствии твердого закрепления вспомогательных рабочих за отдельными рабочими местами величина заработной платы принимается пропорциональной величине заработной платы основных рабочих или сумме заработной платы основных рабочих и расходов по эксплуатации оборудования.

Экономия по фонду заработной платы основных и вспомогательных рабочих  $\Delta_3$  определяется сокращением численности рабочих, обслуживающих соответствующее оборудование или участок производства.

*Экономия за счет снижения затрат по эксплуатации оборудования*

Экономия по этому виду затрат определяется сравнением их по базовому и новому вариантам:

$$\Delta_{\Delta.0} = W_{\Delta.01} - W_{\Delta.02},$$

где  $\Delta_{\Delta.0}$  — экономия затрат на эксплуатацию оборудования, руб.;  $W_{\Delta.01}$ ,  $W_{\Delta.02}$  — затраты на эксплуатацию оборудования по базовому и новому вариантам, руб.

Затраты на эксплуатацию оборудования, приходящиеся на изделие при его изготовлении, состоят из нескольких статей:

$$W_{\Delta.0} = W_{\Delta.01} + W_{p.01} + W_{\Delta_1} + W_{с.м1};$$

$$W_{\Delta.02} = W_{\Delta.02} + W_{p.02} + W_{\Delta_2} + W_{с.м2};$$

где  $W_{a.o.1}$  и  $W_{a.o.2}$  — затраты по амортизации оборудования, руб.;  $W_{p.o.1}$ ,  $W_{p.o.2}$  — затраты на ремонт и модернизацию оборудования, руб.;  $W_{э_1}$ ,  $W_{э_2}$  — затраты на энергию, руб.;  $W_{с.м_1}$ ,  $W_{с.м_2}$  — затраты на смазочно-обтирочные материалы, руб.

Величина затрат на амортизацию оборудования  $W_{a.o.}$  исчисляется по формуле

$$W_{a.o.} = \sum_{i=1} C'_0 n \mu_0 H_{ам} / 100B,$$

где  $C'_0$  — балансовая стоимость единицы технологического оборудования, руб.;  $n$  — количество технологического оборудования, занятого изготовлением изделия;  $\mu_0$  — коэффициент занятости технологического оборудования на изготовление изделий (определяется отношением годового объема работ по определенной операции или изделию к общему времени работы оборудования за год);  $H_{ам}$  — норма годовых амортизационных отчислений на замену определенного оборудования (определяется по нормативам с учетом режима и условий использования оборудования), %;  $B$  — годовой объем производства продукции, руб.

Балансовая стоимость единицы вновь приобретаемого технологического оборудования определяется по прейскурантам оптовых цен; принимаются также во внимание коэффициенты, учитывающие: транспортно-заготовительные расходы (0,05 для оборудования большой массы и 0,1 — для оборудования небольшой массы); затраты на строительные работы и устройство фундаментов для оборудования (приблизительно 0,02—0,08 в зависимости от массы и сложности оборудования); затраты на монтаж и освоение оборудования (приблизительно 0,04—0,06 от оптовой цены оборудования. При внедрении сложного оборудования с длительной отладкой затраты рассчитываются отдельно). В балансовую стоимость вновь приобретаемого оборудования включаются и затраты на проектирование оборудования, если они не учтены в оптовой цене.

Стоимость единицы имеющегося оборудования принимается равной его балансовой стоимости за вычетом фактического износа на расчетный год с учетом затрат на модернизацию, которые определяются аналогично затратам на проектирование и изготовление нового оборудования. При укрупненном методе расчета они определяются по заводским нормативам, при более точном расчете — по сметной калькуляции, включающей стоимость проектно-конструкторских работ, заработную плату рабочих, стоимость материалов и комплектующих изделий, а также накладные цеховые и общезаводские расходы. Величина затрат на модернизацию оборудования по укрупненным нормативам может быть принята 0,3—0,5 % стоимости нового оборудования.

При отсутствии утвержденных норм амортизации оборудования или когда сроки службы существенно отличаются от принятых,

при установлении нормы расчет затрат на амортизацию оборудования производится по формуле

$$W_{a.m.} = \sum_{i=1}^n \frac{(C'_o - \Pi_n) n \mu_o}{t_n} B,$$

где  $\Pi_n$  — выручка от реализации оборудования [определяется при продаже его другим предприятиям по балансовой стоимости, при сдаче в металлолом — по цене лома (планируемой или фактической) за вычетом затрат на демонтаж и транспортировку], руб.;  $t_n$  — срок погашения затрат на оборудование (устанавливается из реально возможного срока службы оборудования, но не больше времени, в течение которого будет изготавливаться данное изделие), руб.

Экономия за счет снижения затрат на амортизацию оборудования определяется по формулам:

$$\mathcal{E}_{a.o.} = B \left( \sum_{i=1}^n \frac{C'_{o_1} n_1 \mu_{o_1} a_1}{100} - \sum_{i=1}^n \frac{C'_{o_2} n_2 \mu_{o_2} a_2}{100} \right);$$

$$\mathcal{E}_{a.o.} = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{(C'_{o_1} - \Pi_{n_1}) n_1 \mu_{o_1}}{100} - \sum_{i=1}^n \frac{(C'_{o_2} - \Pi_{n_2}) n_2 \mu_{o_2}}{100} \right] B,$$

где индексы 1 и 2 относятся соответственно к базовому и новому вариантам.

#### *Экономия от снижения затрат на ремонт и модернизацию оборудования*

Эта статья включает затраты, связанные с производством всех видов ремонта (капитального, среднего, текущего и малого), осмотра и межремонтного обслуживания, предусмотренных системой планово-предупредительного ремонта, а также затраты на модернизацию оборудования. При проектировании затраты на ремонт и модернизацию оборудования устанавливаются в процессах к стоимости оборудования с учетом коэффициента его занятости, выполнения определенного вида операции для годового выпуска продукции. Кроме того, затраты на капитальный и средний ремонт рассчитываются по установленным нормам амортизации.

Затраты на малые ремонты и осмотры оборудования определяются по отраслевым нормативам, исходя из количества ремонтов и себестоимости одного ремонта или осмотра. Затраты на модернизацию оборудования устанавливаются по сметам или фактическим данным предприятия. При расчетах затрат на ремонты и модернизацию оборудования должен учитываться коэффициент занятости оборудования при изготовлении изделий.

Для более точного способа расчета затрат на ремонт и модернизацию оборудования применяется формула

$$W_p = \frac{(R W_{p.l} K_{э.с} W_{м.о}) n \mu_o}{t_{p.ц}},$$

где  $R$  — группа ремонтной сложности оборудования (устанавливается по нормативам системы ТО и Р (измеряется в единицах ремонтной сложности);  $W_{p,л}$  — затраты на все виды ТО и Р и межремонтное обслуживание, приходящиеся на единицу ремонтной сложности данного вида оборудования (определяются по нормативным или фактическим данным предприятия), руб.;  $K_{э,о}$  — коэффициент, учитывающий затраты на ремонт энергетической части оборудования; принимается по нормативным, опытным или отчетным данным;  $W_{м,о}$  — затраты на модернизацию оборудования, приходящиеся на один ремонтный цикл (учитываются, если модернизация оборудования предусмотрена по плану или была произведена; величина ее определяется отношением суммы затрат на модернизацию данного оборудования к числу ремонтных циклов, приходящихся на остальной срок службы его; сумма затрат определяется или по составной смете, или по фактическим данным), руб.;  $t_{p,ц}$  — длительность ремонтного цикла оборудования (равна времени между двумя смежными капитальными ремонтами; принимается по нормативам, приведенным в справочниках), руб.;  $\gamma$  — коэффициент, учитывающий влияние размера, массы оборудования на продолжительность ремонтного цикла (определяется по нормативам или по аналогии со сходным оборудованием).

Экономия затрат на ремонт и модернизацию оборудования определяется сравнением этих затрат по базовому и новому вариантам

$$\Delta_p = \frac{(R_1 W_1 K_{э,о1} + W_{м,о1}) n_{1\mu_{о1}}}{t_{p,л1} \gamma} - \frac{(R_2 W_2 K_{э,о2} + W_{м,о2}) n_{2\mu_{о2}}}{t_{p,л2} \gamma}$$

Затраты на энергию  $W$ , приходящиеся на изготовление изделия, состоят из суммы нескольких затрат

$$W_{э} = W_{э,с} + W_{т,э} + W_{топ} + W_{сж,в} + W_{пар} + W_{газ},$$

где  $W_{э,с}$  — затраты на силовую электроэнергию;  $W_{топ}$  — затраты на топливо;  $W_{сж,в}$  — затраты на сжатый воздух;  $W_{пар}$  — затраты на пар;  $W_{газ}$  — затраты на газ;  $W_{т,э}$  — затраты на технологическую электроэнергию.

Экономия по этим затратам  $\Delta_э$  определяется путем сопоставления базового варианта с новым:

$$\Delta_э = W_{э1} - W_{э2},$$

где  $W_{э1}$  и  $W_{э2}$  — затраты на энергию всех видов по базовому и новому вариантам, руб.

Для определения величины экономии необходимо рассчитать затраты по статьям. Ниже приводятся формулы для расчета затрат по каждому виду энергии.

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются в соответствии с особенностями работы оборудования и его электродвига-

телей. Для металлорежущих станков величина этих затрат может быть определена по формуле

$$W_{э.с} = \frac{N_y K_{э.м} K_{од.р} K_{п.э} K_{х.о} t}{K_{п.д.э} K_{в}} Ц_э$$

где  $N_y$  — суммарная установочная мощность электродвигателей оборудования данного типа (устанавливается по паспортным данным для действующего оборудования, а для проектируемого — по мощности, необходимой для выполнения работ на этом оборудовании); кВт;  $K_{э.м}$  — коэффициент загрузки электродвигателей оборудования по времени  $K_{в}$  (принимается равным отношению машинного времени к штучно-калькуляционному; в условиях мелкосерийного производства коэффициент принимают равным 0,4 крупносерийного и массового производства 0,6—0,7);  $K_{э.м}$  — коэффициент загрузки электродвигателей данного оборудования по мощности (зависит от типоразмеров оборудования и характера выполняемых операций);  $K_{од.р}$  — коэффициент одновременности работы оборудования (определяется отношением суммы произведений установленной мощности каждого электродвигателя на время его работы за год к произведению суммарной установленной мощности всех двигателей оборудования на эффективный годовой фонд времени его работы);  $K_{п.э}$  — коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода (в среднем составляет 1,04—1,08);  $K_{х.о}$  — коэффициент, учитывающий холостой ход оборудования (отражает долю установленной мощности станка, затраченную на холостую работу; составляет  $\sim 0,25$ );  $K_{п.д.э}$  — коэффициент полезного действия электродвигателей оборудования (принимается по паспорту или каталогу).

По опытным данным,  $K_{п.д.э}$  составляет для: молотов, горизонтально-ковочных машин, быстроходных механических прессов и т. п. 0,65; прессов и металлорежущих станков 0,6; электросварочных аппаратов точечной и стыковой сварки 0,7; кранов, манипуляторов 0,45; вентиляторов, конвейеров, транспортеров 0,8.

По опытным данным, коэффициент  $K_{э.м}$  может быть принят для: молотов, горизонтально-ковочных машин, быстроходных механических прессов и т. п. 0,45; прессов 0,25; металлорежущих станков 0,2; электросварочных аппаратов точечной и стыковой сварки 0,4; кранов, манипуляторов, электрокошек 0,15; вентиляторов; конвейеров, транспортеров 0,75.

Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии принимается по заводским данным по двухставочному тарифу и рассчитывается как средневзвешенная величина

$$Ц_э = (Ц_{у.м} + Ц_{п.э}) / Q_э,$$

где  $Ц_э$  — стоимость 1 кВт·ч электроэнергии (для укрупненных расчетов принимается 0,8—1,5 коп. за 1 кВт·ч), руб.;  $Ц_{у.м}$  — годовая сумма оплаты по тарифу за установленную мощность (в среднем равна 12 руб. за 1 кВ·А установленной мощности трансформатора);  $Ц_{п.э}$  — годовая сумма оплаты по тарифу за потребленную электро-

энергию (в среднем составляет 1,2 коп. за 1 кВт·ч по счетчику со стороны вторичного напряжения), руб.;  $Q_3$  — годовой расход электроэнергии, кВт·ч.

Затраты на технологическую электроэнергию определяются при технологических процессах плавки, нагрева металла, сварки и т. д. и рассчитываются по формуле

$$W_{т.э} = H_3 \Pi_3,$$

где  $H_3$  — норма расхода электроэнергии для работ на данном оборудовании (принимается по фактическим данным), кВт·ч.

Если известны напряжение, сила тока и норма основного времени, величина затрат на технологическую электроэнергию рассчитывается по формуле

$$W_{т.э} = U I t_0 \Pi_3 / \eta_{л},$$

где  $U$  — напряжение тока (принимается по паспортным данным), В;  $I$  — сила тока (принимается по паспортным данным), А;  $t_0$  — норма основного времени изготовления изделий на данном оборудовании (время, в течение которого расходуется электроэнергия), нормо-ч;  $\eta_{л}$  — к.п.д. токоприемника при выполнении данной работы.

Затраты на технологическое топливо (мазут, а также сжатый воздух, пар, газ, уголь и другие энергоносители) определяются по формуле

$$W_{топ} = q_{топ} K_{з.п} K_{топ} (H_i / K_B) \Pi_{топ},$$

где  $q_{топ}$  — средний расход топлива при изготовлении изделия (определяется по нормативам или по заводским данным), м<sup>3</sup>/ч;  $K_{з.п}$  — коэффициент, учитывающий среднюю неравномерность загрузки печей при изготовлении изделий (принимается по нормативным данным 1,1—1,5);  $K_{топ}$  — коэффициент, учитывающий потери топлива при выполнении технологического процесса по базовому и новому вариантам (определяется путем перемножения коэффициентов, характеризующих дополнительный расход топлива по сравнению с минимально необходимым: коэффициент среднего расхода топлива на разогрев печей и простой 1,10—1,15, коэффициента повторного нагрева заготовок 1,05—1,5 и коэффициента отхода металла в процессе прессования 1,2—1,3);  $H_i$  — норма времени изготовления изделия на данном оборудовании;  $\Pi_{топ}$  — стоимость топлива (определяется по прейскуранту оптовых цен с учетом транспортно-заготовительных расходов, руб).

К затратам на смазочно-обтирочные материалы и охлаждающие жидкости относятся стоимость масла для гидроприводов, производственной воды (для охлаждения оснастки и арматуры, для водяных завес у нагревательных печей и т. д.) и других материалов, необходимых для эксплуатации данного оборудования и оснастки. Эти затраты рассчитываются по формуле

$$W_{см} = \sum_{l=1}^n W_{в.м} n_l \mu_0,$$

где  $W_{в.м}$  — годовые затраты на вспомогательные материалы для оборудования и оснастки при выполнении одной операции, руб.;  $n_0$  — количество единиц оборудования;  $\mu_0$  — коэффициент занятости оборудования.

Годовые затраты на вспомогательные материалы определяют по формуле

$$W_{в.м} = \sum_{i=1}^n H_{в.м} K_{в.м} \Pi_M,$$

где  $H_{в.м}$  — норма годового расхода вспомогательного материала на единицу оборудования (определяется учетным путем или на основании опытных или отчетных данных, кг);  $K_{в.м}$  — коэффициент, учитывающий потери вспомогательных материалов на единицу оборудования;  $\Pi_M$  — цена материала, руб.

*Экономия от снижения затрат на оснастку, приспособления и инструмент*

Экономия по этому виду затрат  $\mathcal{E}_{о.п.и}$  рассчитывается сопоставлением этих затрат по базовому и новому вариантам:

$$\mathcal{E}_{о.п.и} = \sum_{i=1}^n (W_{пр} + W_n + W_{н.м}) B,$$

где  $W_{пр}$  — затраты на приспособления, приходящиеся на изделие (включают расходы на амортизацию и ремонт моделей, ковшей, опок, подкладных пят, кондукторов, патронов, цанг и т. д.), руб.

Величину этих затрат на проектировании можно принимать как определенный процент от стоимости оборудования. Эти затраты можно устанавливать с учетом годовых приближенных затрат на единицу оборудования. Если стоимость приспособлений и срок их службы известны,  $W_{пр}$  можно рассчитать по формуле

$$W_{пр} = B \sum_{i=1}^n (C'_{осн} - \Pi_d) n_n \mu_n / t_n,$$

здесь  $C'_{осн}$  — балансовая стоимость единицы оснастки (определяется по оптовой цене с учетом транспортных расходов или по калькуляции, если оснастка изготовлена на предприятии), руб.;  $\Pi_d$  — выручка от реализации изношенной оснастки (при дальнейшем использовании ее определяется с учетом стоимости новой оснастки, при списании в металлолом — по принятой цене металлолома), руб.;  $n_n$  — количество единиц приспособлений определенного вида, входящих в комплект оснастки, устанавливается с учетом числа одновременно изготавливаемых на данном оборудовании изделий и количества изделий, приходящихся на приспособление; при этом не учитываются приспособления, находящиеся в резерве, ремонте;  $\mu_n$  — коэффициент занятости приспособлений;  $t_n$  — срок погашения стоимости приспособления, лет (мес) (определяется по нормативам или фактическим данным (в пределах 3—5 лет));

$W_{и}$  — затраты на инструменты (учитывают расходы на амортизацию, заточку, ремонт и восстановление инструмента, руб.)

$$W_{и} = \frac{[(C_{и.н} - C_{и.д}) + n_{п} W_{п} n_{в} W_{в}] K_{у.и}}{r_c K_c t_{пр} (n_{п} + 1) (n_{в} + 1) K_{в}}$$

здесь  $C_{и}$  — стоимость единицы рабочего инструмента (при приобретении определяется по прейскуранту или цене предприятия-поставщика с учетом транспортно-заготовительных расходов, составляющих 1—2% от прейскурантной цены), руб.;  $n_{п}$  — число переточек (устанавливается по ГОСТу или нормативам предприятия; для специального инструмента — экспериментальным путем);  $W_{п}$  — затраты на одну переточку инструмента (рассчитываются при осуществлении переточек заточниками; определяются по заводским нормативам или расчетным путем), руб.;  $n_{в}$  — число восстановлений (ремонтов) данного инструмента (определяется по нормативам или экспериментальным путем);  $W_{в}$  — затраты на одно восстановление (ремонт) изношенного инструмента (определяются по нормативам или средним фактическим данным), руб.;  $K_{у.и}$  — коэффициент, учитывающий случайную убыль инструмента (определяется по нормативам, величина его 1—1,05), руб.;  $r_c$  — стойкость рабочего инструмента между двумя переточками (определяется по нормативам или рассчитывается), ч;  $K_c$  — коэффициент, учитывающий изменение стойкости инструмента (определяется специальными расчетами);  $t_{пр}$  — время полезной работы данного инструмента, в течение которого происходит его износ (устанавливается по нормативам или по фактическим данным), ч.

Затраты на мерительный инструмент  $W_{и.м}$  представляют собой сумму затрат на различный мерительный инструмент, в том числе на его амортизацию и ремонт. При расчетах затрат на оснастку необходимо учитывать, что сюда включается стоимость оснастки и быстрознашивающегося инструмента, не превышающая 50 руб., срок службы которых менее одного года. Малоценный инвентарь и приспособления учитываются в прочих цеховых расходах. Затраты на вспомогательные материалы, энергию, сжатый воздух и т. д., расходуемые при эксплуатации приспособлений и инструментов, учитываются в затратах на оборудование.

#### *Экономия за счет снижения затрат на содержание зданий и сооружений*

Затраты на содержание зданий и сооружений включают расходы на амортизацию, ремонт, отопление, освещение и уборку помещений и соответствующее санитарно-техническое оборудование. Экономия за счет снижения этого вида затрат рассчитывается при изменении их в результате внедрения мероприятий по новой технике

$$\Delta_{з.с} = W_{з.с1} - W_{з.с2}$$

где  $W_{з.с1}$  и  $W_{з.с2}$  — затраты на содержание зданий и сооружений

соответственно до и после внедрения мероприятий

$$W_{з.с} = \sum_{i=1}^n S_0 K_{д.п} n_0 \mu_{п} W_{п},$$

здесь  $S_0$  — производственная площадь, занимаемая единицей оборудования,  $m^2$ ;  $K_{д.п}$  — коэффициент, учитывающий дополнительную площадь;  $n_0$  — число единиц оборудования;  $\mu_{п}$  — коэффициент занятости площади;  $W_{п}$  — среднегодовые расходы по содержанию помещения, приходящиеся на  $1 m^2$  площади цеха (рассчитываются по заводским нормативам и под данным предприятия; ориентировочно величина их может быть принята: при работе в одну смену 7,5 руб., в две смены 10, в три смены 12,5 руб.).

Экономия от сокращения брака рассчитывается в случае уменьшения его при внедрении мероприятий по новой технике и определяется с учетом затрат на брак. Последние определяются на основании себестоимости изготовления изделия до операции, на которой обнаружен брак, с учетом удержаний за брак и стоимости отходов.

При неисправном браке эти затраты исчисляются по формуле:

$$W_6 = [C_6 - (q_6 \Pi_0 - Y)] K_6,$$

где  $C_6$  — себестоимость изготовления бракованного изделия, руб.;  $q_6$  — масса бракованного изделия на операции обнаружения брака, кг;  $\Pi_0$  — цена отходов (зависит от степени дальнейшего использования их; при списании применяется цена металлолома), руб.;  $Y_6$  — удержания за брак, приходящиеся на бракованное изделие, руб.;  $K_6$  — коэффициент, учитывающий величину окончательного брака.

Процент снижения окончательного брака определяется разностью между средним процентом брака за 6 мес. до внедрения мероприятия и средним процентом брака за 3 мес. после внедрения.

#### *Экономия за счет снижения условно постоянной части накладных расходов*

Если в результате внедрения научной разработки увеличивается объем производства, следует определять сумму относительной экономии условно постоянной части накладных расходов по формуле

$$\Delta_{у.п} = W_{у.п} \frac{B_2 - B_1}{B_1} \text{ или } \Delta_{у.п}^{\%} = W_{у.п} K_{п.в},$$

где  $W_{у.п}$  — годовая сумма условно постоянной части накладных расходов действующего производства, руб.;  $B_1, B_2$  — объем производства продукции соответственно по базовому и новому вариантам, руб.;  $K_{п.в}$  — коэффициент прироста выпуска продукции.

Годовая сумма условно постоянной части накладных расходов определяется по смете накладных расходов. Условно постоянная часть накладных расходов состоит из следующих видов затрат: амортизация специального оборудования, ремонт оборудования, специальные приспособления, специальный инструмент и помещения, занятые специальным оборудованием, прочие (косвенные цеховые,

общезаводские накладные и внепроизводственные) расходы. Экономия на этих расходах при увеличении объема производства будет равна части величины условно постоянных расходов в размере увеличения объема производства.

#### *Экономия за счет снижения прочих затрат*

Прочие цеховые расходы включают затраты, которые нельзя рассчитать прямым порядком; определяются они пропорционально заработной плате основных рабочих. К этим расходам относятся: заработная плата (с начислениями) инженерно-технических работников, счетно-конторского персонала, младшего обслуживающего персонала и вспомогательных рабочих (если они не закреплены за определенными местами), расходы по содержанию общецехового транспортного оборудования, по охране труда и технике безопасности, на хозяйственный инвентарь, а также канцелярские расходы.

#### *Экономия на себестоимости за счет повышения качества выпускаемой продукции*

Если в результате внедрения мероприятия изменяются сортность, ассортимент и другие качества выпускаемых изделий, а также увеличивается срок службы или уменьшается расход новой продукции на производство единицы другой продукции, себестоимость продукции повышенного качества корректируется

$$C_k = \frac{C_2 - Ц_1}{Ц_2} \text{ или } C_k = \frac{C_2 t_1}{t_2} \text{ или } C_k = \frac{C_2 g_{K_1}}{g_{K_2}},$$

где  $C_2$  — себестоимость единицы продукции после внедрения мероприятия, руб.;  $t_1, t_2$  — срок службы продукции прежнего и повышенного качества, лет;  $g_{K_1}, g_{K_2}$  — расход продукции прежнего и повышенного качества на производство единицы другого изделия, кг;  $C_k$  — скорректированная себестоимость продукции после внедрения мероприятия повышенного качества, руб.

Если внедрение стандарта и связанное с ним повышение качества вызовет изменение себестоимости продукции, размер экономии следует рассчитывать по формуле

$$\mathcal{E}_c = B \left( C_1 - \frac{t_2}{t_1} C_2 \right),$$

где  $C_1$  и  $C_2$  — себестоимость единицы продукции до и после внедрения стандарта, руб.

Если внедрение стандартов увеличивает срок службы или надежность изделия, размер экономии определяется по формуле

$$\mathcal{E}_c = B C_1 (t_2/t_1) - 1,$$

где  $\mathcal{E}_c$  — размер экономии от повышения срока службы или надежности продукции, руб.;  $B$  — объем годового выпуска продукции, руб.;  $C_1$  — себестоимость единицы первоначальной продукции, руб.;  $t_1, t_2$  — срок службы изделия до и после внедрения стандартов, лет.

Расчет экономической эффективности мероприятий по новой технике в области порошковых покрытий также основан на сравнении внедряемого варианта с исходной базой. В качестве примера приводится расчет экономической эффективности внедрения метода диффузионного насыщения.

Необходимо определить, насколько технически прогрессивно данное мероприятие, и величину экономического эффекта от внедрения его в определенных условиях.

При определении экономической эффективности внедрения покрытий методом диффузионного насыщения необходимо сравнивать полную себестоимость и по статьям затрат. В случае, когда внедрение покрытий методом диффузионного насыщения отражается не на всех статьях затрат, а лишь на некоторых из них, допустимо определять величину изменения стоимости только по тем статьям затрат, которые изменяются как в сторону снижения, так и в сторону увеличения.

Методические положения являются основанием для определения предварительного, ожидаемого, потенциального, первичного и полного экономических эффектов. Все виды экономического эффекта определяются в расчете на годовой объем производства изделий (деталей).

Годовой экономический эффект в результате нанесения покрытий на поверхности деталей, изделий, механизмов и инструмента с длительным сроком использования более одного года с улучшенными качественными характеристиками (производительность, долговечность, издержки при эксплуатации и т. п.) определяются по формуле

$$\Delta_{\text{эф}} = \left( W_{\text{ш1}} \frac{\Pi_2}{\Pi_1} \frac{K_{r_1} + E_n}{K_{r_2} + E_n} + \frac{(W_{r_1} - W_{r_2}) \cdot E_n (K_{c_1} - K_{c_2})}{K_{r_2} + E_n} - W_{\text{ш2}} \right) B_2,$$

где  $\Pi_1$  — производительность механизмов без покрытий, натуральные ед.;  $\Pi_2$  — производительность механизмов с покрытиями, натуральные ед.;  $K_{r_1}$  и  $K_{r_2}$  — коэффициент реновации (доля отчисления от балансовой стоимости на полное восстановление) механизмов соответственно без покрытий и с покрытиями

$$K_{r_1} = 1/t_1; \quad K_{r_2} = 1/t_2,$$

здесь  $t_1$  и  $t_2$  — срок службы механизмов соответственно без покрытий и с покрытиями, лет;

$$W_{r_1} = W_{r_1} \frac{\Pi_2}{\Pi_1},$$

$W_r$  — годовые текущие издержки потребителя без учета реновации при использовании механизмов до нанесения покрытий, пересчитанные на объем работ, выполняемый механизмами с покрытиями, руб.;  $W_{r_2}$  — то же, при использовании механизмов с покрытиями, руб.,  $K_{c_1}$  — сопутствующие капиталовложения потребителя при использовании механизмов до нанесения покрытий, пересчитанные на объем работы, выполняемой механизмами с по-

крытиями, руб.;  $K_{c_2}$  — то же, при использовании механизмов после нанесения покрытий, руб.;  $W_{п_1}$  и  $W_{п_2}$  — приведенные затраты на единицу работы, производимой соответственно механизмами без покрытий и с покрытиями, руб.

$$W_{п_1} = C_1 + E_{н_1} K_{уд_1}; \quad W_{п_2} = C_2 + E_{н_2} K_{уд_2},$$

здесь  $C_1$  и  $C_2$  — себестоимость единицы работы, производимой механизмами соответственно без покрытий и с покрытиями, руб.;  $E_{н_1}$  — нормативный коэффициент экономической эффективности, равный 0,15;  $K_{уд_1}$  и  $K_{уд_2}$  — удельные капиталовложения в производственные фонды соответственно до и после внедрения технологии нанесения покрытий, руб.

Если сопутствующие капиталовложения потребителя  $K_c = 0$ , то формула (2) примет вид

$$\partial_{эф} = (W_{п_1} \frac{\Pi_2}{\Pi_1} \frac{K_{r_1} + E_{н_1}}{K_{r_2} + E_{н_2}} + \frac{W_{r_1} - W_{r_2}}{W_{п_2} + E_{н_2}} - W_{п_2}) B_2.$$

Если сопутствующие капиталовложения потребителя  $K_c = 0$  и экономия при использовании механизмов с покрытиями  $W_{r_1} - W_{r_2} = 0$ , то формула (2) примет вид

$$\partial_{эф} = (W_{п_1} \frac{\Pi_2}{\Pi_1} \frac{K_{r_1} + E_{н_1}}{K_{r_2} + E_{н_2}} - W_{п_2}) B_2.$$

Если сопутствующие капиталовложения потребителя  $K_c = 0$ , экономия потребителя при использовании механизмов с покрытиями  $W_{r_1} - W_{r_2} = 0$ , производительность механизмов с покрытиями по сравнению с базовыми не изменяется, т. е.  $\Pi_1 = \Pi_2$ , то формула (2) примет вид

$$\partial_{эф} = (W_{п_1} \frac{\Pi_2 + E_{н_1}}{\Pi_1 + E_{н_2}} - W_{п_2}) B_2.$$

Если сопутствующие капиталовложения потребителя  $K_c = 0$ , экономия потребителя при использовании механизмов с покрытиями  $W_{r_1} - W_{r_2} = 0$ , срок службы механизмов с покрытиями по сравнению с базовыми не изменяется, т. е.  $K_{r_1} = K_{r_2}$ , то формула (2) примет вид

$$\partial_{эф} = (W_{п_1} \frac{\Pi_2}{\Pi_1} - W_{п_2}) B_2.$$

Расчет годового экономического эффекта нанесения покрытий методом диффузионного насыщения, а также другими методами, способами и технологиями одних и тех же изделий, обеспечивающими экономия производственных ресурсов, производится по формуле:

$$\partial_{эф} = (W_{п_1} - W_{п_2}) B_2,$$

где  $W_{п_1}$  — приведенные затраты на единицу работы (продукции) базового способа, руб.;  $W_{п_2}$  — приведенные затраты на единицу

работы (продукции) нанесения покрытий методом диффузионного насыщения, руб.;  $B_2$  — годовой объем изделий с покрытиями за расчетный год, натуральные ед.

Расчет годового экономического эффекта при использовании для нанесения покрытий различных порошковых материалов производится по формуле

$$\Delta_{\Phi} = (W_{п1} \frac{q_{уд1}}{q_{уд2}} + \frac{(W_{с1} - W_{с2}) - E_n(K_{с1} - K_{с2})}{q_{уд2}} - W_{п2}) B_2,$$

где  $q_{уд1}$  и  $q_{уд2}$  — удельные расходы соответственно базового и сравниваемого вида порошкового материала, натуральные ед.;  $W_1$  и  $W_2$  — эксплуатационные затраты потребителя на единицу продукции соответственно с базовым и сравниваемым покрытием, руб.;  $W_{п1}$  и  $W_{п2}$  — приведенные затраты на единицу продукции с применением соответственно базового и сравниваемого порошкового материала, руб.;  $K_{с1}$  и  $K_{с2}$  — соответствующие капитальные вложения потребителя при использовании единицы продукции с базовым и сравниваемым покрытием, руб.;  $E_n$  — нормативный коэффициент экономической эффективности, равный 0,15.

Расчет годового экономического эффекта при использовании для нанесения покрытий различных порошковых материалов, если соответствующие капиталовложения потребителя при использовании единицы продукции с базовым или с сравниваемым покрытием равны 0, т. е.  $K_{с} = 0$ , то формула (3) примет вид

$$\Delta_{\Phi} = (W \frac{q_{уд1}}{q_{уд2}} + \frac{W_{с1} - W_{с2}}{q_{уд2}} - W_{п2}) B_2.$$

Если соответствующие капиталовложения потребителя  $K_{с} = 0$  и эксплуатационные затраты потребителя при использовании единицы продукции с базовым и сравниваемым покрытием равны 0, т. е.  $W_{с} = 0$ , то формула примет вид

$$\Delta_{\Phi} = (W_{п1} \frac{q_{уд1}}{q_{уд2}} - W_{п2}) B_2,$$

Расчет годового экономического эффекта нанесения порошковых покрытий с применением новой технологии, не имеющей базы сравнения, производится по формуле

$$\Delta = (P_2 - E_n k_2) B_2,$$

где  $P_2$  — прибыль от реализации единицы продукции с покрытием, нанесенным с применением новой технологии, руб.;  $k_2$  — удельные капитальные вложения для нанесения покрытий с применением новой технологии, руб.;  $B_2$  — годовой объем продукции с покрытиями, нанесенными с применением новой технологии, натуральные ед.

Прибыль от реализации изделий с покрытиями, нанесенными с применением новой технологии, определяется по формуле

$$P_2 = (Ц_2 - C_2),$$

где  $\Pi_2$  и  $C_2$  — оптовая цена и себестоимость изделия с покрытием, нанесенным с применением новой технологии, руб.

Годовой экономический эффект нанесения защитных покрытий для восстановления деталей взамен существующих процессов для деталей со сроком службы более одного года определяется по формуле

$$\Delta_{\text{эф}} = (C_1 + E_n k_1) \frac{k_1 + E_n}{k_2 + E_n} - (C_2 + E_n k_2) B_2,$$

где  $C_1$  и  $C_2$  — себестоимость восстановления детали соответственно существующим способом и нанесением порошковых покрытий, руб.;  $k_1$  и  $k_2$  — удельные капиталовложения на восстановление детали соответственно существующим способом и нанесением порошковых покрытий, руб.;  $B_2$  — годовой объем восстановленных деталей, натуральные ед.

Годовой экономический эффект нанесения порошковых покрытий для восстановления деталей взамен их приобретения при одинаковом сроке службы восстановленных и приобретенных деталей определяется по формуле

$$\Delta_{\text{эф}} = \Pi_2 K_d - (C_2 + E_n k_2) n_2,$$

где  $\Pi_2$  — оптовая цена производства новой детали, руб.;  $K_d$  — коэффициент учета затрат на доставку новых деталей на предприятие, равный 1,11;  $C_2 + E_n k_2$  — приведенные затраты на восстановление детали с учетом ее остаточной стоимости, руб.;  $n_2$  — количество восстановленных деталей в расчетном году, натуральные ед.

Годовой экономический эффект нанесения порошковых покрытий для восстановления деталей взамен их приобретения при различных сроках службы восстановленных и приобретенных деталей со сроком службы более 1 года определяется по формуле

$$\Delta_{\text{эф}} = [\Pi_2 K_d \frac{f_1 + E_n}{f_2 + E_n} - (C_2 + E_n k_2)] n_2,$$

где  $f_1$  и  $f_2$  — величины, обратные срокам службы деталей при существующем способе.

Годовой экономический эффект от удлинения межремонтного периода выполняется по формуле

$$\Delta_{\text{эф}} = (C_1 n_1 - C_2 n_2) + \Delta_{y.п.} + E_n \Delta_{k_1},$$

где  $C_1$  и  $C_2$  — затраты на один текущий ремонт соответственно до и после внедрения мероприятий, руб.;  $n_1$  и  $n_2$  — число текущих ремонтов за год до и после внедрения мероприятий;  $\Delta_{y.п.}$  — экономия на условно постоянные части расходов;  $\Delta_{k_1}$  — экономия капитальных вложений, руб.

Годовой экономический эффект от внедрения покрытий на детали оборудования, обеспечивающих продление срока службы

сверх установленного норматива, определяется по следующей формуле:

$$\Theta = \Pi_0 (1 - 1/\alpha_t) - K_{\text{доп}},$$

где  $\Pi_0$  — стоимость оборудования с учетом стоимости деталей с нанесенными покрытиями вместо ранее применявшихся;  $\alpha_t$  — коэффициент приведения по фактору времени (применяется для периода, на который увеличивается срок службы оборудования);  $K_{\text{доп}}$  — дополнительные затраты, связанные с нанесением покрытий на детали, механизмы для продления общего срока службы оборудования, включая затраты, связанные с ухудшением эксплуатационных показателей.

Годовой экономический эффект нанесения покрытий для упрочнения деталей со сроком службы до года определяется по формуле

$$\Theta_{\text{эф}} = [(\Pi_1 + Z_1) \frac{t_1}{t_2} - (\Pi_2 + Z_2)] B_2,$$

где  $B_2$  — уточненный годовой план выпуска деталей в связи с их упрочнением;  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  — цена на единицу или комплект деталей соответственно до и после их упрочнения;  $Z_1$  и  $Z_2$  — заработная плата и другие дополнительные затраты, связанные с заменой и эксплуатацией деталей соответственно до и после их упрочнения;  $t_1$  и  $t_2$  — срок службы сопоставляемых деталей (должен быть кратным сроку службы машин), лет.

Фактическая экономия капитальных вложений от внедрения технологии нанесения защитных покрытий на детали механизмов за расчетный год определяется по формуле

$$\Theta_K = (k_1 \frac{\Pi_2}{\Pi_1} - k_2) B_2,$$

где  $k_1$  и  $k_2$  — удельные капиталовложения до и после внедрения технологии нанесения; руб.;  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  — годовая производительность механизмов до и после внедрения технологии нанесения покрытий, натуральные ед.;  $B_2$  — годовой объем производства деталей с покрытиями на расчетный год, натуральные ед.

На практике наряду с расчетами экономического эффекта и удельных показателей экономии для обоснования научно-технических разработок определяют экономию трудовых ресурсов (высвобождение основных производственных рабочих), экономию капитальных затрат (высвобождение металлорежущих станков) и др.

Число высвобожденных рабочих рассчитывается по формуле

$$\Delta N_p = 100 \Delta T_n / (b_n \Phi_p),$$

где  $\Delta N_p$  — высвобождение основных производственных рабочих, человек;  $\Delta T_n$  — снижение нормативной трудоемкости изготовления деталей в результате их перевода на изготовление методами порошковой металлургии на годовую программу, норма-ч;  $b_n$  — выполнение норм выработки рабочими при механической обработке из-

делий, %;  $\Phi_p$  — действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч.

Высвобождение металлорежущих станков рассчитывается по формуле

$$\Delta N_c = 100 \Delta T_m / (b_{II} \Phi_{ст}),$$

где  $\Delta N_c$  — высвобождение металлорежущих станков, шт.;  $\Delta T_m$  — снижение трудовых затрат за счет сокращения механической обработки, ч;  $\Phi_{ст}$  — годовой фонд времени работы одного станка, ч.

Методология расчетов экономической эффективности порошковой металлургии, композиционных материалов и порошковых покрытий не ограничивается приведенными выше методическими подходами. Она развивается и дополняется на практике. Приведем несколько примеров практического применения методических положений Типовой методики расчетов экономического эффекта.

### **I. Расчет экономической эффективности от внедрения пористых бронзографитовых плат малогабаритных редукторов взамен бронзовых плат**

При изготовлении малогабаритных плат редукторов используются в основном бронзовые платы. В процессе эксплуатации отверстия плат интенсивно изнашиваются, что приводит к снижению надежности работы приборов, ухудшению их параметров, износу шестерен зубчатых зацеплений редуктора, полному выходу редукторов из строя и необходимости их замены.

В Институте проблем материаловедения АН УССР разработана технология изготовления пористых бронзографитовых плат, обладающих высокими антифрикционными свойствами и коррозионной стойкостью. В результате эксплуатационных испытаний установлено, что износостойчивость бронзографитовых плат примерно в четыре раза выше, чем плат из литого материала, и легче последних на 15%. Использование бронзографитовых плат значительно повышает надежность и увеличивает срок службы редукторов. Гарантийный ресурс времени работы редуктора возрастает с 1000 до 2000 ч.

Таким образом, применение бронзографитовых плат в малогабаритных редукторах позволяет сократить производство редукторов не менее чем в два раза и высвободить за счет этого значительное количество оборудования, производственных площадей и рабочей силы, уменьшить расход цветных металлов. Кроме того, разработанная технология позволяет изготавливать бронзографитовые платы с отверстиями, получаемыми непосредственно при прессовании, а не при последующей механической обработке, как при применении бронзовых плат. Это дает возможность дополнительно высвободить металлорежущее оборудование и квалифицированные рабочие кадры, занятые на этой операции. Увеличение срока службы редукторов приводит также к сокращению расходов на разборку и сборку готовых установок, содержащих редукторы, для замены вышедших из строя.

В данном расчете определяется экономия от замены бронзовых плат бронзографитовыми только за счет сокращения стоимости материалов и увеличения срока службы (без учета высвобождаемых капитальных вложений в сфере производства и сокращения затрат в сфере эксплуатации, вызванных заменой редукторов в готовых установках). Сравниваются варианты использования бронзовых и бронзографитовых плат в наиболее распространенном типе редукторов РЦ-РБ с двигателем ДИД-05. Себестоимость редуктора с двумя бронзовыми платами 15 р. 90 к., в том числе стоимость каждой бронзовой платы 0,09 руб. Стоимость же бронзографитовых плат составляет 0,4 руб. Таким образом, стоимость редуктора с двумя бронзографитовыми платами составит 16,52 руб.

Размер условно годовой экономии по текущим затратам определяем по формуле

$$\Delta_{y.g} = (C_1 - C_2 \frac{t_1}{t_2}) B,$$

где  $C_1$  — себестоимость редуктора с бронзовыми платами, руб.;  $C_2$  — себестоимость редуктора с бронзографитовыми платами, руб.;  $t_1, t_2$  — сроки службы редуктора, принятые в размере гарантийного ресурса времени работы, соответственно с бронзовыми и бронзографитовыми платами, ч;  $B$  — объем производства редукторов, шт.

Для комплектации 32 700 редукторов заказчику требуется 65 400 бронзографитовых плат, следовательно, экономический эффект составит

$$\begin{aligned} \Delta_{эф} &= (15,9 - 16,52 \cdot 1000 : 2000) 32700 = \\ &= (15,9 - 8,26) 32700 = 250 \text{ тыс. руб.} \end{aligned}$$

## II. Эффективность применения контактного материала АПДНС-70 в слаботочных электрокоммутационных приборах

Основным требованием, предъявляемым к контактам, коммутирующим электрический ток малой мощности, является низкое и стабильное переходное сопротивление. Изменение его влечет за собой нарушение работы, а иногда и выход из строя всей системы автоматического управления, в состав которой входят, как правило, многочисленные электрокоммутационные приборы. Поэтому для контактов в этих приборах используются сплавы золота или платины — металлов наиболее коррозионноустойчивых и не склонных к образованию непроводящих пленок оксидов на рабочих поверхностях контактов.

Однако сплавы золота и платины имеют ряд недостатков: они отличаются низкой электроэрозионной стойкостью и износоустойчивостью. Контакты из сплавов платины склонны покрываться пленками непроводящих органических соединений, пары которых присутствуют в среде, окружающей контакты в приборах. Из-за этих недостатков приходится отказываться от сплавов золота и платины

и заменять их другими, обладающими хорошей коррозионной стойкостью и не имеющими указанных выше недостатков.

Новый композиционный материал марки АПдНС-70 оказался во многих случаях таким заменителем. Контакты-щетки из этого материала широко используются в различного типа потенциометрах, коллекторах, токосъемниках взамен контактов и литых сплавов (ЭЛМ-800, ПЛИ-18 и др.).

В связи с ужесточением технических требований к работе приборов (повышение надежности, увеличение срока хранения, расширение диапазона рабочих температур нижнего и верхнего предела, коммутируемой силы тока) в новых типах потенциометров в настоящее время для обработки применяется сплав ПдВ-20-ЭВ. В качестве контактов к обмотке из этого сплава выбран композиционный материал АПдНС-70, обладающий наиболее удачным комплексом свойств, обеспечивающим надежную работу потенциометров.

Благодаря повышенному сопротивлению механическому и электрическому износу того материала срок службы контактов из него увеличивается в 2—5 раз по сравнению с ранее применявшимися контактными материалами (при работе сравниваемых материалов в идентичных условиях).

Срок службы контактов, как правило, определяет и срок службы потенциометров. Вследствие этого гарантийный ресурс работы потенциометров с использованием контактов из сплава АПдНС-70 в среднем увеличился вдвое по сравнению с ресурсом работы потенциометров, в которых использовался материал ПдСр-40 (при работе в одинаковых условиях).

Контакты из АПдНС-70 используются только в новых типах потенциометров, конструктивно отличающихся от ранее выпускаемых. Поэтому при определении эффективности использования этих контактов рассчитывается экономический эффект от применения новых типов потенциометров и выделяется часть эффекта, обусловленная использованием новых контактов.

Текущие и капитальные затраты потребителя потенциометров старых и новых конструкций практически одинаковы и поэтому в расчете могут не учитываться. Формула для расчета соответственно упрощается и имеет вид

$$\Theta_{эф} = (C_1 a - C_2) - \Delta K,$$

где  $C_1$  и  $C_2$  — цена прибора соответственно базового и нового, руб.

Если даже считать, что потенциометр новой конструкции более сложен и поэтому стоимость его выше, чем прежнего, т. е.  $C_1 < C_2$ , примем условно стоимость  $C_1 = 100$  руб.,  $C_2 = 120$  руб.

Коэффициент увеличения гарантийного ресурса новых потенциометров в соответствии с изложенным выше  $a = 2$ .

Дополнительные капитальные затраты  $\Delta K$  в данном случае представляют собой затраты, связанные с разработкой контактного материала АПдНС-70 и приборов с использованием этого материала,

осуществляемой на действующих производственных мощностях. Примем, что затраты, связанные с разработкой материала АДпНС-70 в расчете на массу материала, используемого в одном приборе, составляют 0,5 руб. Затраты на разработку новых типов приборов в расчете на один прибор составляют 5,0 руб. Тогда экономический эффект от применения 1000 штук новых потенциометров за срок их службы составит

$$Э_{эф} = [(100 \cdot 2 - 120) - 0,12 \cdot 5,0] 1000 = 78 \text{ тыс. руб.}$$

Если считать, что доля экономического эффекта, обусловленного использованием контактного материала АДпНС-70 в новых типах потенциометров, составляет 50%, то экономический эффект от применения этого материала АДпНС-70 в расчете на 1000 приборов составит 39 тыс. руб.

### III. Методический подход к обоснованию получения легированных порошков

Дальнейшее расширение областей применения изделий из металлических порошков не ограничивается только железными порошками. Необходимо получать легированные порошки для производства высокопрочных конструкционных деталей, изделий с высокими жаростойкими, антикоррозионными, износостойкими, режущими и другими специальными свойствами.

За рубежом производство легированных порошков достигло сравнительно высокого развития; основная масса их производится методом распыления. В СССР освоено производство легированных порошков тремя методами: гидридно-кальциевым, диффузионным, распылением. В стадии освоения находятся методы восстановления природно-легированных оксидов, карбонильный, электролитический и др.

Технико-экономическое сравнение показателей производства легированных порошков методами распыления, гидридно-кальциевым и диффузионным показывает, что наиболее низкие приведенные затраты характерны для метода распыления (табл. 6).

Таким образом, экономический анализ применяемых методов и вариантов технологии дает возможность утверждать, что ранее освоенные технологические методы производства железных порошков в конкретных производственных условиях могут на определенном этапе быть технически и экономически эффективными. Сочетание этих методов с новыми позволит удовлетворить потребности промышленности в железных порошках, повысить их качество, а следовательно, достичь высоких экономических показателей при производстве материалов и изделий из металлических порошков.

Таблица 6. Сравнение технико-экономических показателей производства легированных порошков (на примере ПХ18Н15 при объеме производства 1000 т, год):

Показатели	Методы		
	распыле- ния	газодуо- кальцие- вый	диффузи- онный
Расход:			
электроэнергии, тыс. кВтч	5,5	28,0	1,5
природного газа, тыс. м <sup>3</sup>	0,1	2,0	0,6
воды, тыс. м <sup>3</sup>	0,5	1,5	0,12
Расходы по переделу и обще- заводские расходы, руб./т	642,3	2320,2	771,1
Заводская себестоимость, руб./т	1402,2	5698,2	2859,9
Удельные капитальные затраты, руб./т	1000	4700	2000
Приведенные затраты, руб./т	1522	5264	3100

<sup>1</sup> Здесь и в других примерах цифры условные.

#### IV. Технико-экономические сведения для расчета экономического эффекта по результатам научно-технических разработок в области защитных покрытий

1. Полное название: Разработка и создание линии упрочнения рабочих поверхностей деталей методом плазменного напыления.
2. Организация разработчик: ПКТМ Минлегпищемаша СССР.
3. Краткое содержание разработки: линия плазменного напыления.
4. Предприятие (организация)-заказчик: ПО «Псковхимлег-маш».
5. Стоимость разработки 179,5 тыс. руб.
6. Наименование покрываемых изделий (деталей), работающих в условиях интенсивного трения с химическими волокнами: диск ВК7.04.095; ролик ВК9.04.017; диск ЧКВ4-51; патрон ПЦГ-300.
7. Затраты материалов для покрытий<sup>1</sup> приведены ниже, руб./ч:

	Норма расхода	Цена на единицу, руб.-коп.	Сумма затрат, руб.-коп.
Аргон, м <sup>3</sup> . . . . .	3,0	1—50	4—50
Водород, м <sup>3</sup> . . . . .	0,36	0—20	0—07
Лабомид, кг . . . . .	0,38	0—21	0—08
Корунд, кг . . . . .	0,4	0—20	0—08
Порошок ПН85			
Ю-15 (подслой), кг . . . . .	1,5	14—80	22—20
Порошок М-40 (основной слой), кг . . . . .	3,3	0—43	1—42
Лента алмазная АПСБ, шт. . . . .	620	—	38—00
Блок-брусек, шт . . . . .	3	—	12—75

<sup>1</sup> Расчеты выполнены автором.

8. Цена оборудования для производства покрытий приведена ниже, тыс. руб:

Установка плазменного напыления . . . . .	36,155
Моечная машина . . . . .	9,134
Устройство аспирационное . . . . .	1,901
Смеситель газов . . . . .	15,602
Автомат пескоструйный . . . . .	19,715
Питатель порошка . . . . .	6,742
Горелка плазменная . . . . .	4,897
Источники питания . . . . .	23,705
Установка холодильная . . . . .	14,399
Баллоны газовые . . . . .	0,168
Токарный станок ТК62 . . . . .	1,940
Приспособления . . . . .	0,859

9. Технология обработки покрытия: алмазное шлифование с поверхности.

10. Назначение покрытий: продление срока службы деталей за счет увеличения износостойкости. Срок службы деталей приведен ниже, мес:

	До нанесения покрытий	После нанесения покрытий
Диск ВК7.04.095 . . . . .	5,6	10
Ролик ВК9.04.017 . . . . .	5,0	10
Диск ЧКВ4.51 . . . . .	5,2	10
Патрон ПЦГ-300 . . . . .	2,0	10

11. Годовой объем напыляемых деталей и себестоимость их до и после напыления приведены ниже, руб.-коп:

Детали	Годовая программа, штук	До напыления	После напыления
Диск ВК7.04.095	1000	4—75	5—31,2
Ролик ВК9.04.017	5000	1—31	1—97,6
Диск ЧКВ4-51	4000	3—23	3—42,0
Патрон ПЦГ-300	68500	1—20	2—30,8

12. Экономический эффект у изготовителя — 197,54 тыс. руб., у потребителя 213,88 тыс. руб. Полный экономический эффект составит 371 тыс. руб. в год.

### Глава 3. СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРОДУКЦИИ Порошковой металлургии и порошковых покрытий

#### 1. Факторный анализ себестоимости продукции

Характерной особенностью порошковой металлургии как метода промышленного изготовления деталей из металлических порошков является применение исходного сырья в виде порошков, которые затем различными способами формируются в изделия заданных

размеров и подвергаются термической обработке (спеканию) при температурах более низких, чем температура плавления основного компонента шихты. Схемы технологического процесса производства спеченных изделий приведены в табл. 7.

Основные операции технологического процесса холодного прессования порошков (как наиболее распространенного) выполняются в такой последовательности: подготовка исходных порошков (сушка, прокалка, довосстановление, отжиг, смешивание, просев, сепарация, классификация, грануляция); прессование металлических изделий в специальных пресс-формах; термическая обработка спрессованных заготовок (спекание, иногда отжиг); доводка окончательных размеров и формы изделий с помощью калибрования, механической обработки, шлифования и других способов, характерных для обработки изделий из компактного (литого) материала.

Улучшение физико-механических и специальных свойств изделий из металлических порошков обеспечивается в основном за счет дополнительной термической обработки — отжига, закалки, цементации, азотирования и других способов. Наиболее важной операцией в указанной технологической схеме является прессование, которое в основном и определяет технические возможности порошковой металлургии в целом. Самым распространенным является прессование в закрытых пресс-формах — так называемое холодное прессование. Основной характеристикой этого способа является давление, которое необходимо для достижения заданной степени плотности. Спекание придает изделиям заданную плотность, твердость, прочность и другие физико-технические свойства, которые в ряде случаев значительно превышают свойства аналогов.

В унифицированную схему технологического процесса получения изделий общемашиностроительного назначения включены различные варианты технологии метода порошковой металлургии, существенно различающиеся как способами, техническими режимами формирования и спекания изделий, так и аппаратно-технологическим оформлением. Выбор технологической схемы зависит в первую очередь от служебного назначения изделий, однако существенное влияние оказывает также вид порошковых материалов, габаритные размеры, форма и масса изделий.

Все особенности метода в значительной степени предопределяют специализацию в порошковой металлургии и, прежде всего, специализацию производства по назначению изделий, что экономически целесообразно при определенном уровне концентрации выпуска однородных изделий.

Трудоемкость отдельных операций и анализ факторов, формирующих трудовые затраты, приведены в последовательности технологического цикла производства изделий общемашиностроительного назначения.

Приготовление шихты включает взвешивание исходных материалов и их смешение. Производительность смесительного оборудования весьма разнообразна; этим в основном объясняется разная доля операции приготовления шихты в общей трудоемкости изготовления

Таблица 7. Схемы технологического процесса производства

Холодное прессование	Горячее прессование
1. Исходные порошки	1. Исходные порошки
2. Смешивание холодное	2. Смешивание
3. Прессование	3. Горячее прессование
4. Спекание	4. Дополнительные возможные операции
5. Дополнительные возможные операции	4.1. Термообработка
5.1. Второе прессование	4.2. Дополнительная механическая обработка
5.2. Второе спекание	4.3. Гальванические и другие покрытия
5.3. Термообработка	5. Готовое изделие
5.4. Механическая обработка	
5.5. Гальваническое и другие покрытия	
6. Готовое изделие	

изделий на большинстве предприятий (7—15 %). Меньшая величина ее характерна для изделий, изготовленных из железа, легированного металлами. Следовательно, усложнение состава шихты приводит к повышению трудоемкости этой операции.

Прессование в общих затратах труда в технологическом процессе занимает наибольшую долю -- около 50 %. Трудоемкость этой операции зависит от целого ряда факторов и в первую очередь от типа и производительности прессы, типа пресс-форм и прогрессивности оснастки (одноместные или многоместные, автоматические, механизированные или ручные пресс-формы), материала, массы изделий, серийности, и сложности изготовления деталей. Для технической возможности использования прессов большое значение имеет также прессуемость и текучесть порошков.

В общем парке оборудования, применяемого для производства изделий из металлических порошков общемашиностроительного назначения, прессовое составляет 50 %. В настоящее время для производства спеченных изделий общемашиностроительного назначения используются прессы с разнообразными усилиями от 30 кН до 20 МН. Наиболее представительными являются группы прессов усилием 100; 160; 250; 400; 630 и 1000 кН, составляющие в общей сложности более 80 % всего прессового оборудования. С возрастанием усилия прессования сокращается доля автоматизированного оборудования. Так, для прессов усилием до 100 кН она составляет около 75 %, 400 кН 50 %, 1 МН более -- менее 15 %.

Критерием прогрессивности этого вида оборудования является его производительность. Так, средняя трудоемкость прессования составляет на универсальных прессах 12,2, модернизированных 8,1 и автоматических 2,8 нормо-ч на 1000 деталей.

В настоящее время вследствие большого разнообразия выпускаемых изделий, масштабов производства применяемой оснастки и условий эксплуатации оборудования производительность прессов

Горячая штамповка

Шликерное литье

Прокатка или экструзия

1. Исходные порошки
2. Смешивание
3. Горячая штамповка
4. Дополнительные возможные операции
  - 4.1. Термообработка
  - 4.2. Доп. мех. обработка
  - 4.3. Гальванические и другие покрытия
5. Готовое изделие

1. Исходные порошки
2. Смешивание
3. Шликерное литье
4. Сушение
5. Готовое изделие

1. Исходные порошки
2. Смешивание
3. Операции уплотняющей обработки с промежуточными отжисами
4. Готовое изделие

колеблется в весьма широких пределах, в том числе и для однотипного оборудования.

Автоматизированное оборудование, включая и модернизированное, составляет около 50 % общего парка прессового оборудования, занятого в производстве спеченных изделий общемашиностроительного назначения. В производстве изделий из металлических порошков электротехнического назначения этот показатель выше — около 70%; однако среди них велика доля прессов, модернизированных с целью использования их в автоматическом или полуавтоматическом режиме.

Нередко прессы предназначаются для изготовления изделий, которые не полностью соответствуют усилию (мощности) прессы, серийности выпуска. Роторные прессы, например, должны быть полностью загружены изготовлением больших серий мелких деталей простой формы. Большое значение имеет использование прессов-автоматов, производительность которых более чем в четыре раза превышает производительность универсальных прессов. Не менее важным направлением улучшения использования прессового оборудования является использование прогрессивных видов оснастки, позволяющей повысить уровень автоматизации процесса прессования. Так, при применении 4—6-местных пресс-форм для прессования серебряных контактов почти в четыре раза повышается паспортная производительность прессы-автомата.

Расчеты показывают, что при условии обеспечения рационального закрепления номенклатуры изделий за прессовым оборудованием как по необходимому усилию прессования, так и по серийности выпуска и увеличению коэффициента использования прессов за счет двух- и трехсменного режима работы до 0,85, можно увеличить объем производства на имеющемся оборудовании в 2,5—3 раза.

Эффективность операции прессования так же, как и точность и чистота поверхности изделий, во многом зависит от качества и износоустойчивости применяемой оснастки. Рабочие детали пресс-форм из-

готовятся в основном из инструментальных сталей и выдерживают до полного износа только 15—30 тыс. операций прессования изделий из железного порошка и 20—35 тыс. из медного. Изготовление пресс-форм, как правило, не централизовано, детали их не унифицированы, это препятствует внедрению передовой технологии производства и приводит к низкому качеству и высокой стоимости прессовой оснастки спеченных изделий.

Одним из путей повышения износостойкости применяемого инструмента, а отсюда и снижения стоимости изделий из металлических порошков является применение для их изготовления твердых сплавов. Доля операции спекания в общей трудоемкости изготовления 1 т изделий на железной основе составляет примерно 35%. Трудозатраты на спекание зависят от марки спекаемого материала и типа печного оборудования, коэффициента его использования, массы спекаемых изделий, времени их выдержки и норм обслуживания агрегатов.

В отличие от ранее рассмотренных операций, спекание характеризуется большим разнообразием как способов, так и режимов ведения процесса. Производительность печного оборудования различна и определяется типом печи, материалом спекаемых изделий и их геометрической формой. Более производительны проходные печи: трудоемкость спекания деталей в них на порядок ниже, чем в муфельных печах.

Качество спекаемых изделий и производительность операции в целом во многом зависят от уровня прогрессивности применяемого оборудования. Большинство печей разработано по индивидуальным техническим заданиям, поэтому доля неспециализированного и нестандартного термического оборудования весьма значительна.

В порошковой металлургии применяется самое разнообразное печное оборудование: сопротивления, индукционного и газового нагрева. В основном оно представлено муфельными проходными печами, камерными и шахтными электropеками; доля конвейерных печей невелика. Практически не нашли должного применения такие прогрессивные виды печей, как карусельные и рольганговые.

Камерные печи применяются в основном для спекания и отжига серебряных контактов, а также спекания и пропитки вольфрамовых контактов. Почти все шахтные печи заняты производством фрикционных изделий. Этим в основном можно объяснить незначительные колебания фактической производительности однотипного оборудования на различных предприятиях.

На уровень расходов при изготовлении изделий из металлических порошков оказывает влияние вид защитной атмосферы. Расходы на защитную атмосферу колеблются в значительных пределах (5—20% от затрат на спекание). Более низкий уровень затрат характерен для спекания в экзотермической атмосфере из углекислого газа, а более высокий — из водорода и аммиака. Такой вид защитной атмосферы применяется для получения изделий с высокими физическими свойствами. Минимальная длительность спекания, обеспечивающая заданные свойства, а также максимально плотная

укладка деталей в поддоны — необходимые условия сокращения трудовых и материальных затрат.

Улучшить потребительские свойства изделий из металлических порошков в ряде случаев можно лишь с помощью дополнительных операций, в частности многократным прессованием и спеканием, калиброванием, всевозможными видами пропитки и др. Анализ показал, что эти операции повышают трудоемкость сравниваемой общемашиностроительной продукции в два с лишним раза по изделиям из железа и в 1,8 раза по изделиям из легированного железа. Следует отметить, что дополнительные операции по отдельным изделиям-представителям могут составить 33—43 % общей трудоемкости, что в 1,4 раза увеличивает среднеотраслевую себестоимость продукции.

По видам исходного сырья основная продукция порошковой металлургии распределяется следующим образом: изделия на основе железа, меди, серебра, вольфрама, никеля, титана, а также сложных основ (магниты) и композиций (тугоплавкие соединения). В денежном измерении объем выпуска изделий на основе цветных и дорогостоящих металлов выше, чем железных.

Структура продукции порошковой металлургии в значительной мере влияет на величину таких производственных факторов, как фондовооруженность, фондоемкость и фондоотдача. Для изучения этих показателей и их оценки производства, специализирующиеся на выпуске спеченных изделий, условно сгруппированы в зависимости от годового объема продукции следующим образом:

Группа . . . . .	I	II	III	IV	V
Объем продукции, т/год . . . . .	<100	100,1—500	500,1—1000	1000,1—5000	>5000

К I группе относятся экспериментальные и экспериментально-производственные участки и отделения, ко II — специализированные участки, к III — специализированные цехи и крупные специализированные участки, к IV и V группам — централизованные предприятия и специализированные цехи.

Большое количество производств порошковой металлургии малой мощности обусловлено многими причинами и прежде всего стремлением удовлетворить потребность в изделиях из металлических порошков собственными силами. Это производства с невысоким уровнем организации и, как правило, малой долей прогрессивных видов оборудования. Например, если на предприятиях с годовым объемом выпуска 1000—5000 т прессы-автоматы составляют более 60 % общего парка, то при объеме производства до 100 т — около 20 %. Подобное рассредоточение сложного и дорогостоящего оборудования по многочисленным объектам с небольшими объемами производства отрицательно сказывается на технико-экономических показателях его использования. Так, средняя производительность прессы на предприятиях V группы выше, чем на предприятиях I группы в 15 раз.

В перспективе намечается реконструкция действующих и

строительство новых производств. Ввод новых мощностей даст возможность полностью реализовать потребность народного хозяйства в изделиях из порошков и их соединений. Намеченные мероприятия позволят создать мощную промышленную и экспериментальную базу порошковой металлургии. Согласно расчетам, уровень концентрации повысится в 10—15 раз, производительность труда — в пять раз, а себестоимость продукции снизится в два-три раза. При этом капитальные вложения окупятся за полтора-два года.

Создание мощной производственной и экспериментальной базы позволит закрыть значительное количество мелких, подчас нерентабельных участков, обеспечивающих исключительно внутрипроизводственные нужды. Следовательно, концентрация и специализация производства изделий из металлических порошков будет идти в направлении создания в порошковой металлургии крупных специализированных производств, в основном для укрепления межотраслевых производственных связей.

Для обеспечения высокой эффективности развития порошковой металлургии в комплексной программе управления и планирования значительная роль отводится экономическому стимулированию. Одним из инструментов стимулирования этой важнейшей отрасли должна быть цена.

Для того чтобы правильно выбрать прессовое оборудование, следует руководствоваться экономическими соображениями и пригодностью прессов. Пригодность прессы в конкретных условиях определяется количеством и размерами изделия, необходимой плотностью материала, высотой и поперечным сечением детали (площадью прессования). Экономические соображения должны учитывать производительность прессы, его цену и возможность выполнения на нем определенных операций.

Для расчета количества прессового оборудования определяется годовая потребность в деталях данного наименования, часовая производительность прессы данного типа (число ходов прессы), годовой эффективный фонд времени работы прессов. Наиболее сложен расчет эффективного фонда времени работы прессы (табл. 8).

Таблица 8. Эффективный фонд времени работы прессы усилием 25·10<sup>3</sup> Н

Технико-экономические показатели	Серийность, тыс. шт.					
	3	5	10	15	20	25
Производительность прессы, шт/ч . . . . .	1080	—	—	—	—	—
Годовая производительность прессы без учета времени на переналадку, тыс. шт . . . . .	3780,0	—	—	—	—	—
Число переналадок в год . . . . .	1260	756	378	252	189	151
Время на одну наладку, ч . . . . .	0,5	—	—	—	—	—
Время, затраченное на подготовительно-заключительные операции, ч . . . . .	—	—	—	—	—	—

Технико-экономические показатели	Серийность, тыс. шт.					
	3	5	10	15	20	25
чительные операции за год, ч . . . . .	630	378	189	126	95	76
Отношение времени, затраченного на подготовительно-заключительные операции, к общему времени, %	18,0	10,8	5,4	3,5	2,7	2,2
Эффективный фонд времени, ч . . . . .	2870	3122	3311	3374	3405	3424
Годовая производительность прессы, тыс. шт. . . . .	3100	3372	3576	3644	3677	3698

К порошковым покрытиям относятся следующие их виды: газотермические (детонационные, плазменные, газоплазменные и др.); диффузионные (борирование, хромирование и др.); электрохимические и электрофизические — электронское легирование; вакуумные — метод КИБ (булат).

Детонационные покрытия эффективны при эксплуатации в условиях повышенных температур, давлений, износа и в агрессивных средах. Правильный выбор материала покрытия применительно к условиям эксплуатации позволяет решать сложные задачи современной техники.

Для детонационного и других видов напыления наиболее характерно единичное и серийное (мелкосерийное и среднесерийное производство). Среднесерийное производство характеризуется выпуском продукции сериями в десятки и сотни наименований. Предметный принцип специализации ограничен. Мелкосерийное производство характеризуется сериями больше десятка изделий, иногда в несколько десятков и сотен штук напыляемых деталей, узлов, изделий.

Тип производства детонационного напыления определяется на основе годовой программы и ее трудоемкости. Для определения типа производства по методу укрупненного расчета следует рассчитать типовую для данной маршрутной технологии длительность операции, величину такта и величину коэффициента серийности. Коэффициент серийности тем выше, чем меньше штучное время при одной и той же программе.

Если коэффициент серийности равен единице, то это значит, что поточная линия организовывается на одну деталь и при коэффициенте серийности 0,2, по возможно создание двух линий на две или больше деталей, если между ними имеется технологическое и конструктивное сходство и т. п.

При проектировании цеха по нанесению покрытий на один определенный вид деталей (например, колеччатых валов), который призван обслуживать ряд предприятий в районе, области, республике, то

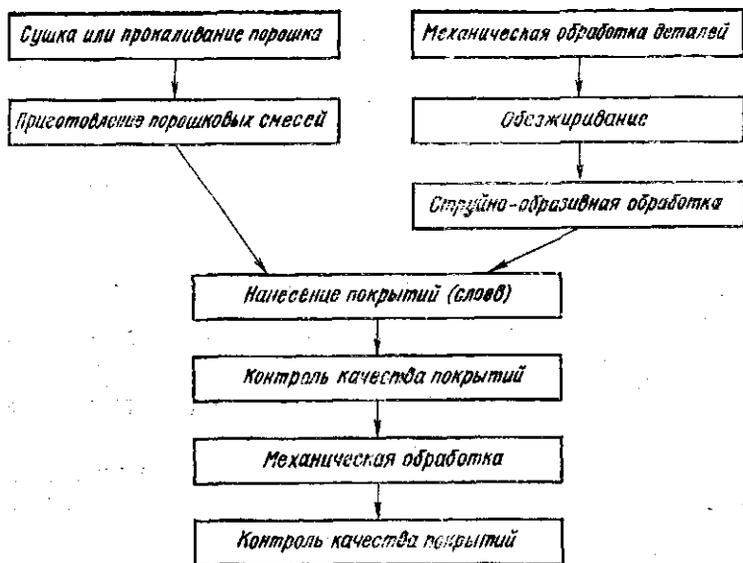


Рис. 1. Типовая схема технологического процесса напыления покрытий из порошковых материалов

тип производства в данном цехе, исходя из программы, исчисляемой сотнями тысяч, может быть массовым.

Приведенная на рис. 1 технологическая схема распространяется на типовой технологический процесс напыления покрытия из порошковых материалов детонационно-газовым способом на детали, конструкции и изделия из металлов и неметаллов.

Каждый из видов газотермических покрытий имеет свои преимущества и недостатки, поэтому невозможно дать их экономическую оценку в отрыве от технических и технологических условий производства. Однако описание особенностей выполнения отдельных операций, присущих тому или иному виду покрытия, представляется возможным.

Пример 1. Продолжительность подготовки порошков, в частности сушка для детонационного покрытия, составляет 1,5—2 ч; для плазменного и газоплазменного 3—5 ч; прокаливание — для детонационного — до 15, для других 3—5 ч. Примерно такие же небольшие расхождения имеются по каждой операции технологических процессов нанесения покрытий.

Однако имеются существенные различия в особенностях операций нанесения покрытий. Так, детонационный процесс нанесения покрытий начинается с напыления на образцы-свидетели. Затем замеряют толщину покрытия, прочность сцепления его с подложкой. Необходимую толщину покрытий получают многократным повторением циклов напыления. Смещенные детали между двумя циклами не должно превышать половины диаметра ствола.

На качество и свойства детонационных покрытий влияет целый

ряд технологических параметров напыления: скорость детонации, температура взрыва, длина и диаметр ствола, навеска порошка для одного выстрела, фракция порошка, материал покрытия, материал основы.

Нанесение промежуточного слоя необходимо в случае слабой адгезии покрытия с материалом детали. Материал, напыляемый в качестве промежуточного слоя, выбирается в зависимости от материала детали, материала покрытия, условий эксплуатации деталей. Толщина промежуточного слоя 0,05—0,15 мм. Материалы, применяемые для получения промежуточного слоя, — нихром, молибден, никельалюминиевые сплавы и т. п.

В зависимости от технической характеристики детонационно-газовой установки в качестве рабочих газов используют: азот газообразный, кислород газообразный, ацетилен технический, пропан-бутан.

Процесс напыления покрытия плазменно-дуговым методом выполняется в такой последовательности. Плазмотрон закрепляют в приспособление для напыления и устанавливают за пределами детали на заданном расстоянии.

Напыление промежуточного слоя применяют в случае слабой адгезии покрытия с материалом изделий. Промежуточный слой из адгезионно-активного материала образует прочную связь как с материалом изделия, так и с материалом покрытия. Толщина промежуточного слоя составляет 0,05—0,15 мм.

В качестве плазмообразующих газов могут быть использованы аргон, азот высокой чистоты, водород и гелий. Выбор газа зависит от технической характеристики плазменной установки, состава и дисперсности напыляемого материала, требований к качеству покрытия.

Пористость полученных покрытий составляет менее 1 %, при напылении без оплавления до 25 %. Технологический процесс для других способов порошковых покрытий имеет свои особенности.

Технологическая схема процесса нанесения покрытий методом электронно-лучевого легирования включает: подготовку к процессу электронно-лучевого легирования, зачистку электродов, собственно легирование, проверку качества готового изделия.

Технологическая схема покрытий методом диффузионного насыщения включает следующие операции: подготовку смесей, подготовку изделия и образцов-свидетелей, укладку изделий в контейнеры для металлизации (насыщение металлами), металлизацию, выгрузку из печи, распаковку контейнера и очистку изделия, промежуточный контроль (если процесс продолжается), упаковку изделий в контейнер при силицировании, силицирование, промежуточный контроль силицированных изделий, окисление изделий, контроль окисленных изделий, упаковку готовых изделий.

Расчет необходимого количества оборудования для газотермических проводится в два этапа: определение производительности одного аппарата и общего числа аппаратов, необходимых для обеспечения данного объема производства.

Количество аппаратов определяют по формуле

$$n_{\text{ап}} = Q_{\text{м}} / P_{\text{ап}},$$

где  $n_{\text{ап}}$  — расчетная потребность в аппаратах;  $Q_{\text{м}}$  — количество напыляемого материала, кг/сут;  $P_{\text{ап}}$  — производительность агрегата, кг/ч.

Обычно  $n_{\text{ап}}$  не целочисленно, и его величину принято округлять до ближайшего большего числа. Приведенную формулу целесообразно применять для расчета потребного количества установок детонационно-газового напыления на линии.

Расчет потребного количества других видов оборудования на линии можно проводить по формуле

$$n_{\text{о}} = T_{\text{н}} / (\Phi_{\text{о}} k_{\text{н}}),$$

где  $n_{\text{о}}$  — количество оборудования данного вида, необходимого на линии детонационно-газового или других способов напыления, ед;  $T_{\text{н}}$  — трудоемкость по видам работ, нормо-ч;  $\Phi_{\text{о}}$  — действительный фонд времени работы оборудования данного вида, ч;  $k_{\text{н}}$  — коэффициент выполнения норм.

Степень загрузки оборудования определяют по формуле

$$k_{\text{з.о}} = n_{\text{ап.р}} / n_{\text{ап.ф}},$$

где  $k_{\text{з.о}}$  — коэффициент загрузки оборудования;  $n_{\text{ап.р}}$  — расчетное количество аппаратов;  $n_{\text{ап.ф}}$  — фактическое количество аппаратов.

В случае сложного оборудования, требующего частых осмотров и ремонтов, фактическое число аппаратов берется на 1—2 единицы больше, чем расчетное. Коэффициент загрузки для дорогостоящих аппаратов не должен быть меньше 70—80%. Следует также стремиться, чтобы величина средней загрузки аппаратов для участка серийного производства была не менее 85—90%.

При определении годового фонда рабочего времени проектируемого производства исходят из его характера и технологических особенностей. Для этого на основе данных о планово-предупредительном и капитальном ремонтах оборудования действующего производства — аналога устанавливается число дней на все виды ремонта.

Выбирается сменность работы основного производства и вспомогательных служб, причем среднее время простоя оборудования в связи с ремонтом не должно превышать 4—6% при двухсменной работе и 10% при трехсменной, а время на изменение технологического режима 1,5% от общего времени работы оборудования. Действительный фонд времени работы оборудования определяют следующим образом: из календарного числа дней в году вычитают число дней, необходимых на указанные выше виды ремонта и выходные дни цеха (участка).

## 2. Основные принципы формирования затрат в порошковой металлургии

*Общая характеристика структуры себестоимости и уровень затрат на продукцию порошковой металлургии*

Себестоимость является исходным моментом планового ценообразования. Для ее правильного исчисления важное значение имеет экономически обоснованная классификация затрат в разрезе основных ее элементов. Классификация затрат неразрывно связана со структурой себестоимости. Роль отдельных затрат в общей себестоимости зависит от их величины. В производстве изделий из металлических порошков важное значение имеет группировка расходов по элементам и статьям затрат. Группировка затрат по элементам отражает их распределение по экономическому содержанию независимо от формы использования того или иного вида продукции и места осуществления этих затрат. Группировка затрат по статьям расхода раскрывает их состав в зависимости от направления и места возникновения. При анализе фактической и расчете нормативной себестоимости важно также дифференцировать затраты по этапам производственного процесса.

До недавнего времени вопросу изучения фактического уровня затрат на производство изделий из металлических порошков и его снижению не уделялось должного внимания. Кроме того, учет продукции из металлических порошков и, тем более, затрат на производство ведется по формам и показателям, установленным министерствами для отраслевых предприятий. Это усложняет анализ себестоимости и оценки факторов, влияющих на уровень себестоимости изделий из металлических порошков. Ниже приводится общая оценка существующего уровня затрат.

На себестоимость изделий из металлических порошков существенное влияние оказывает целый ряд факторов. К ним относятся фондовооруженность труда, серийность, уровень организации, специализации и концентрации производства, свойства продукции и т. д. Для анализа затрат проведена классификация продукции с дифференциацией на группы исходя из общности технологического процесса их изготовления и материальной основы (вида используемых порошков). Самой многочисленной оказалась группа изделий из железа, легированного металлами. Средняя себестоимость этих изделий колеблется между весовыми группами 500--800 г и 2000 г в 10 и более раз.

В целом среднеотраслевая себестоимость 1 т изделий общемашиностроительного назначения на железной основе по специализированным предприятиям на 10% ниже средней. Себестоимость 1 т изделия по видам исходного сырья примерно следующая, руб/т: из железа (чистого) 1,5; железа, легированного неметаллами и чугуном, 0,5; железа, легированного металлами, 1,0.

Наибольшую долю в средней себестоимости 1 т конструкционных и антифрикционных изделий на железной основе занимают расходы на сырье и материалы. Следует отметить, что с возрастанием средней

массы изделий доля материальных затрат в общей себестоимости 1 т увеличивается, а доля заработной платы уменьшается. Так, если в себестоимости 1 т изделий из железа (чистого) весовой группы 10,1—20 г доля материальных затрат составляет 22%, а заработной платы 10,5%, то для весовой группы 150, 1—300 г они равны соответственно 67,2 и 4,4%. Кроме того, стоимость материала резко возрастает с вводом в состав шихты цветных металлов.

Так, добавка 3% меди в шихту железографитового сырья приводит к увеличению стоимости сырья в 1,2, а бронзографита в 4,5 раза. Но особенно значительна разница в стоимости сырья, идущего на выпуск продукции электротехнического назначения. По сравнению с железографитовым сырьем стоимость вольфрамомеди увеличивается в 10 раз, серебровольфрама в 29, серебра в 252 раза и т. д.

Заработная плата и отчисления на социальное страхование составляют небольшую долю в себестоимости продукции (4—8%). Однако этим статьям в порошковой металлургии придают огромное значение. Так, определяющим фактором применения метода является сокращение затрат труда на производство изделий. Если в производстве спеченных изделий обемашиностроительного назначения расходы по статье «Заработная плата» составляют 39 руб., то в механической обработке — более 100 руб. Следовательно, чем ниже расходы на заработную плату при производстве спеченных изделий, тем выше эффект метода порошковой металлургии.

Величина заработной платы находится в прямой зависимости от трудоемкости изготовления деталей. Основными операциями по формованию изделий являются: приготовление шихты, прессование и спекание. Доля операции приготовления шихты в общей трудоемкости производства изделий из железного порошка составляет в среднем по основным производствам 7—15%. Минимальная доля операции приготовления шихты характерна для изделий, изготовленных из железа (чистого), а наибольшие затраты на эту операцию наблюдаются при изготовлении изделий из железа, легированного металлами; следовательно, усложнение состава материала приводит к повышению трудоемкости этой операции.

Наибольшую долю в общей трудоемкости производства спеченных изделий занимает операция прессования. Соотношение отдельных видов материалов на основе железа составляет 1 ÷ 1,5.

Доля операции спекания в общей трудоемкости изготовления 1 т изделий на основе железа ниже, чем при прессовании. Операция спекания характеризуется разнообразием как способов, так и режимов ее выполнения, вызванных в основном применяемыми материалами. На уровень заработной платы в целом оказывает влияние и разнообразие действующих на предприятиях тарифных сеток и ставок. В производстве спеченных изделий действует 14 тарифных сеток. Такой разнотарифной действующей системой оплаты труда приводит к тому, что даже при одинаковой трудоемкости изготовления деталей заработная плата будет разной несмотря на то, что отклонения

от средних величин составляют всего 5—6%. Это следует принимать во внимание при расчете базовой себестоимости.

Сложность изготавливаемых изделий существенно влияет на уровень заработной платы и себестоимости в целом потому, что при изготовлении деталей повышенных групп сложности резко снижается производительность прессового оборудования, увеличивается стоимость и снижается стойкость пресс-форм. Изготовление изделий повышенной сложности требует применения более мощных, а следовательно, более дорогостоящих и менее производительных прессов. Так, скорость прессования на прессе усилием 10 МН почти в 34 раза ниже, чем на прессе усилием 160 кН. К тому же на стоимости прессования сказывается размер амортизационных отчислений. Например, расходы на амортизацию пресса усилием 630 кН по сравнению с прессом 250 кН возрастают в 1,5 раза.

Существенное влияние на себестоимость выпускаемой продукции оказывает также удовлетворение потребительских свойств и качества выпускаемых изделий. К операциям по улучшению качества продукции могут быть отнесены: многократное прессование и спекание, калибрование, различные виды термообработки, внесение в шихту различных добавок и др. Анализ показал, что при выполнении мероприятий по улучшению качественных характеристик изделий трудоемкость последних возрастает в среднем в 2,1 раза для изделий из чистого железа, в 1,8 раза для изделий из легированного железа при одновременном повышении себестоимости продукции в 1,4 раза.

Улучшение свойств изделий может быть достигнуто и введением в шихту разнообразных легирующих добавок. Так, значительно повышается прочность изделий при введении в шихту С, Si, S, P, В, Mn, Ni, Cr, Al и Cu. К наиболее дешевым и эффективным добавкам следует отнести С, S, P, Si, Cu, Mn, Ni, Cr, Al.

Влияние некоторых добавок на физико-механические свойства материала и его стоимость сказывается в следующем. Добавка графита значительно улучшает физические свойства изделий из металлических порошков. При этом почти не повышается себестоимость изделий. Добавка до 4% меди или меди с графитом существенно улучшает прочностные характеристики изделий, почти не уменьшая пластичности. Кроме того, добавка меди к изделиям на железной основе существенно повышает их сопротивляемость атмосферной коррозии, улучшает обрабатываемость изделий. Таким образом, внесение в шихту меди увеличивает плотность деталей и позволяет отказаться от дополнительного прессования и спекания.

Добавка никеля улучшает физические свойства изделий из стального порошка, в частности его прочность и твердость, вытесняет углерод и улучшает пластичность материала. Материалы с добавками никеля обладают повышенной стойкостью к атмосферной коррозии. Добавка до 2,5% кремния существенно повышает прочность железоуглеродистого материала, не уменьшая его пластичности. Легирование железа фосфором является экономичным способом

улучшения большинства физических свойств спеченных материалов при условии достаточного внимания к режиму спекания.

Кроме перечисленных элементов затрат, в структуре себестоимости спеченных изделий высока доля затрат на содержание и ремонт оборудования. На предприятиях к ним относят также расходы на амортизацию и инструмент.

Содержание и ремонт оборудования, амортизация и в какой-то мере расход инструмента являются косвенными расходами по отношению к отдельным видам продукции. К ним относятся также прочие затраты, не распределяемые по элементам, составляющие значительную долю себестоимости продукции — в среднем 21 %.

Деление затрат на прямые и косвенные имеет определенный смысл. Косвенные затраты связаны с одновременным производством нескольких видов продукции, поэтому их трудно включать непосредственно в себестоимость каждого из продуктов. Как правило, их распределяют пропорционально отдельным видам продукции, причем целесообразно принять группировку затрат по калькуляционным статьям. В этом случае прочие затраты, не распределяемые по элементам, составляют основную величину двух калькуляционных статей — «Цеховых» и «Общезаводских расходов». Конечно, классификация расходов по элементам и статьям затрат полностью не устранит недостатков в учете, планировании и калькулировании себестоимости продукции порошковой металлургии. Чтобы увеличить степень достоверности распределения затрат, необходима детальная дифференциация производственного процесса по стадиям и технологическим операциям.

Правильность распределения расходов на отдельные виды продукции в значительной мере зависит от выбора калькуляционных единиц и объекта калькулирования. До введения единого прейскуранта на продукцию порошковой металлургии существовал разный подход в калькуляционных единицах. В калькуляции было дифференцировано изготовление изделий сложной формы, отдельных весовых групп, видов и марок материалов. В новой системе цен на основные виды продукции из металлических порошков предусмотрены две калькуляционные единицы — 1 т и 1000 шт. изделий. Особенно это важно для продукции электротехнической промышленности и приборостроения, где преобладают изделия небольшой массы (0,5—30 г).

### *Методы расчета и распределение затрат в себестоимости продукции*

Для приближения цен в порошковой металлургии к общественно необходимым затратам труда в качестве первоначальной расчетной основы два вида себестоимости спеченных изделий — фактическая и нормативная. Для устранения влияния на себестоимость спеченных изделий индивидуальных, случайных и временных факторов, а также для определения себестоимости и ценностных соотношений промежуточных видов, марок, входящих в группы изделий, были использованы следующие методы: нормативный, основанный на

детальных, общественно необходимых нормативах трудовых и материальных затрат; параметрический, основанный на выявлении зависимостей между издержками и параметрами изделия.

С учетом разнообразия и интенсивного обновления ассортимента спеченных изделий разрабатывались общественно необходимые нормативы не на контрольные индивидуальные изделия, а на так называемые агрегированные группы, представляющие собой совокупность продукции, близкой по качественной характеристике к уровню себестоимости. Основными признаками агрегирования спеченных изделий явились области применения, вид и марка материала, габаритные размеры и масса, сложность изготовления. Одним из основных параметров агрегированного изделия была расчетная масса, увязанная по конкретным деталям с габаритными размерами, площадью прессования и удельной нагрузкой на  $1 \text{ см}^2$  прессования.

Для каждого вида материала разработаны и выделены свои весовые группы. Так, 11 весовых групп разработано для конструкционных и антифрикционных изделий.

По областям применения изделия из металлических порошков были образованы следующие группы: конструкционные, антифрикционные, меднооловянные сплавы специального назначения, контакты электрические, магниты постоянные и т. д. Классификация по видам изделий проводилась в зависимости от материальных свойств, объединяющих маркированные виды материалов, близких по химическому составу и основным свойствам. Контакты электрические дифференцированы по материальным основам (серебру, вольфраму, меди) и марочному составу.

Расчеты проводились по типовым технологическим процессам. Так, спеченные конструкционные и антифрикционные изделия изготавливают по следующей технологической схеме: приготовление шихты, прессование, укладка, спекание, повторное прессование, повторное спекание с укладкой, пропитка маслом, дополнительная обработка (механическая обработка, нанесение гальванических покрытий), контроль и упаковка. Нормативная себестоимость и затраты на ее формирование, определенные в разрезе калькуляционных статей, на примере железного порошка приводятся в табл. 9.

Затраты на материалы рассчитываются на основании прейскурантной стоимости порошков, доли каждого компонента в составе шихты, величины отходов производства и транспортно-заготовительных расходов по формуле

$$C_m = [C_c(1 + Q_{отх})] (1 + K_{т.з}),$$

где  $C_m$  — себестоимость материалов для изготовления 1 т спеченных изделий, руб.;  $C_c$  — отпускная цена 1 т исходного сырья, руб.;  $Q_{отх}$  — величина отходов производства на 1 т чистой массы изделий, т;  $K_{т.з}$  — коэффициент, учитывающий величину транспортно-заготовительных расходов.

Таблица 9. Структура и соотношение затрат в себестоимости 1 т изделий легированного неметаллами)

Весовые группы, г	Сырье и материалы	Заработная плата и от- числения на социальное страхование	Расходы на содержание и эксплуата- цию обо- рудования
2,0	2,35	0,67	1,40
2,1—5,0	0,58	0,77	1,56
5,1—10,0	0,68	0,43	0,86
10,1—20,0	0,69	0,43	0,89
20,1—40,0	0,74	0,34	0,71
40,1—80,0	0,53	0,24	0,52
80,1—150,0	0,59	0,16	0,33
150,1—300,0	0,71	0,16	0,33
300,1—500,0	0,62	0,12	0,25
500,1—800,0	0,54	0,06	0,12
800,1—1200,0	0,52	0,06	0,12
Всего по данному виду материалов	0,55	0,12	0,25

Пример расчета для двух марок материала приведен ниже:

	ЖГрЗК0,8	БрОГр 8—4
Стоимость исходных ком- понентов в шихте, руб/т	287	2216
В том числе:		
железный порошок	274	—
графит карандашный	12,0	16,0
сера	1,0	—
олово	—	880
медь	—	1320
Потери шихты в произ- водстве изделий, %	5,0	5,0
Транспортно-заготови- тельные расходы на материалы, %	10,0	10,0
Стоимость шихты с уче- том ее потерь в произ- водстве и транспортно- заготовительных расхо- дов, руб/т	331	560

Стоимость вспомогательных материалов определяется согласно нормам расхода, установленным технологическими инструкциями, прейскурантной стоимости этих материалов и транспортно-заготовительным расходам, а стоимость топлива и электроэнергии — исходя из норм расхода соответствующего вида энергозатрат и его прейскурантной стоимости (табл. 10).

Расчет основной заработной платы проводится на основании затрат по основным операциям технологического процесса, разряда и часовых ставок рабочих. Начальными операциями технологического цикла являются приготовление исходных материалов и

Расходы по амортизации	Расходы по размещению стоимости инструмента	Цеховые расходы	Обязательные расходы	Полная себестоимость
0,72	0,54	0,78	0,78	7,24
0,82	0,65	0,88	0,91	6,12
0,63	0,49	0,49	0,52	4,10
0,14	0,74	0,51	0,53	3,93
0,23	1,07	0,39	0,41	3,89
0,11	0,38	0,29	0,29	2,36
0,09	0,27	0,19	0,19	1,82
0,07	0,29	0,19	0,19	1,94
0,10	0,27	0,14	0,15	1,65
0,08	0,09	0,07	0,07	1,03
0,09	0,07	0,07	0,07	1,00
0,11	0,21	0,15	0,16	1,55

Таблица 10. Расчет стоимости энергетических затрат при изготовлении 1 т изделий на основе железа

Источник энергии	Норма расхода, тыс. м <sup>3</sup>	Действующая цена, руб.	Общие затраты, руб.
Конвертированный газ . . . . .	1,180	22,07	26,03
Нейтральный газ . . . . .	0,348	9,01	3,13
Природный газ . . . . .	1,421	19,31	27,44
Сжатый газ . . . . .	0,015	2,92	0,04
Вода производственная . . . . .	0,481	18,97	9,12
Пар, гкал . . . . .	0,379	4,63	1,75
Электрическая энергия, кВт·ч . . . . .	1,003	18,88	18,94
Всего . . . . .	—	—	86,45

их смешивание. Нормы времени на приготовление шихты установлены в зависимости от исходного материала, типа смесителя, коэффициента использования оборудования по времени и норм обслуживания оборудования. Трудоемкость приготовления 1 т смеси рассчитывается по формуле

$$T = 1000 H_{в} K_{н} / (H_{ш} K_{о}),$$

где  $T$  — трудоемкость изготовления 1 т смеси, нормо-ч;  $H_{в}$  — норма времени на взвешивание исходного материала, загрузку, смешивание и выгрузку, нормо-ч;  $H_{ш}$  — норма одновременной загрузки шихты в смеситель, кг;  $K_{о}$  — коэффициент использования смесительного оборудования по времени;  $K_{н}$  — коэффициент, учитывающий перевыполнение норм.

Прессование — трудоемкая операция. Подбор прессового оборудо-

дования по усилию  $D_{г.с}$  производится на основании расчетных таблиц средней массы деталей, в которых учитывается площадь прессования деталей  $S$  и давление на  $1 \text{ см}^2$   $p$ .

$$D_{г.с} = pS.$$

Трудоемкость прессования 1 т спеченных деталей определяется на основании расчетной производительности прессов за годовой эффективный фонд времени, норм обслуживания оборудования, действительного годового фонда времени одного рабочего и коэффициента, учитывающего затраты времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места и отдых по формуле

$$T_{п} = \frac{\Phi_{г} (1 - K_{т.о}) K_{п} 1000}{\Phi_{эф} P_{п} H_{об} g}$$

где  $T_{п}$  — трудоемкость прессования 1 т деталей, ч;  $\Phi_{г}$  — действительный годовой фонд времени рабочих при двухсменной работе, ч;  $K_{п}$  — коэффициент, учитывающий перевыполнение норм;  $K_{т.о}$  — коэффициент, учитывающий затраты времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места и время перерывов на отдых и естественные надобности;  $P_{п}$  — производительность пресса, шт/ч;  $\Phi_{эф}$  — эффективный фонд времени работы прессового оборудования, ч;  $H_{об}$  — норма обслуживания прессового оборудования;  $g$  — масса детали, кг.

Эффективный фонд времени работы прессового оборудования рассчитывается по формуле

$$\Phi_{эф} = [\Phi_{п} (1 - K_{т.р})] (1 - K_{т.н}),$$

где  $\Phi_{п}$  — режимный фонд времени работы пресса, ч;  $K_{т.р}$  — коэффициент, учитывающий потери времени на ТОиР;  $K_{т.н}$  — коэффициент, учитывающий потери времени на переналадку оборудования.

Потери времени на ТОиР прессов для порошковой металлургии приняты на уровне нормативных для прессового (штамповочного) оборудования ввиду аналогичности производственных агрегатов. Они составляют для механических прессов 5%, для гидравлических 8,2% режимного фонда времени.

Пример. Расчет трудоемкости прессования 1 т спеченных изделий простой группы сложности массой 15 г на механическом прессе усилием 160 кН:

$$T_{п} = \frac{3630 (1 - 0,06) 1,25 \cdot 10^6}{3410 \cdot 1320 \cdot 1,0 \cdot 15} = 63,2 \text{ нормо-ч},$$

где 3630 — годовой фонд времени рабочих при двухсменной работе, ч; 1,25 — коэффициент, учитывающий перевыполнение норм выработки; 3410 — эффективный фонд времени работы прессового оборудования, ч; 1320 — производительность пресса, шт/ч; 1,0 — норма обслуживания прессового оборудования; 15 — масса детали,

г; 0,06 — коэффициент, учитывающий затраты времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места и отдых.

Трудозатраты на спекание установлены в зависимости от марки спекаемого материала и зависят от типа печного оборудования, коэффициента его использования, массы спекаемых изделий, времени их выдержки и норм обслуживания агрегатов. По ходу технологического процесса укладка предшествует спеканию и заключается в укладке деталей в поддоны и выгрузке их после спекания. Печь обслуживают два рабочих — спекальщик и подручный. Нормы времени на укладку находятся на уровне норм времени на спекание аналогичных деталей. Исключением является укладка деталей из железомеди и железолоатуни. С учетом трудоемкости процесса укладки брикетов на пористый каркас нормы времени на эту операцию приняты для деталей массой до 50 г в 3 раза, до 1000 г — в 2 раза и выше 1000 г — в 1,5 раза выше норм, установленных для процесса спекания.

Пористые антифрикционные и частично конструкционные изделия пропитывают маслом для придания трущимся поверхностям свойств самосмазываемости и повышения коррозионной стойкости. Трудозатраты на эту операцию установлены в зависимости от производительности пропиточной установки, коэффициента ее использования и норм времени на пропитку, загрузку и выгрузку соответствующих изделий. Например, если часовая производительность вакуумной установки составляет 300 кг, а время на загрузку, пропитку и выгрузку 1 ч, то норма времени на пропитку маслом 1 т деталей составит 3,3 нормо-ч. Трудоемкость операций «контроль» и «упаковка» принята в размере 5% суммарной трудоемкости всех предыдущих операций.

Затраты на амортизацию при изготовлении 1 т изделий определяют на основании установленных норм амортизационных отчислений, балансовой стоимости оборудования и его годовой производительности по формуле

$$W_a = \sum_{i=1}^n H_a C_0^i / 100 \Pi_n,$$

где  $W_a^{i-1}$  — расходы на амортизацию оборудования в расчете на 1 т изделий, руб.;  $H_a$  — норма амортизационных отчислений, %;  $C_0^1$  — балансовая стоимость оборудования, руб.;  $\Pi_n$  — годовая производительность пресса, т.

Стоимость инструмента определена на основании потребного количества пресс-форм для изготовления 1 т деталей соответствующей массы, средней стойкости и стоимости пресс-форм. Стоимость пресс-формы находится в прямой зависимости от группы сложности изделий и их габаритных размеров. В табл. 11 приведены коэффициенты увеличения стоимости пресс-форм в зависимости от габаритных размеров и группы сложности, рассчитанные автором на основании статистической обработки данных, полученных от предприятий.

Стоимость пресс-формы простой группы сложности цилиндрической формы размером до 60 мм принята равной 144 руб. Средняя стойкость пресс-формы для изделий массой 115 г равна 50 тыс. шт.,

**Таблица 11. Коэффициенты соотношения стоимости пресс-форм различного размера и сложности изделий**

Габаритные размеры изделий (2D+H), мм	Группы сложности		
	простая	сложная	весьма сложная
<60	1,0/1,2	2,5/3,0	4,5/5,4
60,1—120	1,2/1,4	3,0/3,6	5,4/6,5
120,1—200	1,4/1,7	3,5/4,2	6,3/7,6
200,1—300	1,8/2,1	4,5/5,4	8,1/9,7
300,1—500	2,4/2,9	6,0/7,2	10,1/13,0
500,1—700	3,2/3,8	8,0/9,6	14,4/17,3

Примечание. В числителе — 1-я подгруппа, в знаменателе — 2-я.

а для изделий массой выше 115 г 25 тыс. шт. При определении стоимости инструмента для изделий массой до 10 г в расчет необходимо принимать использование борированных пресс-форм средней стойкостью 100 тыс. шт. и стоимостью 30 руб. Нормативная стоимость пресс-форм приведена в табл. 12.

**Таблица 12. Нормативная стоимость пресс-форм для производства спеченных изделий по группам и подгруппам сложности, руб. — коп.**

Габаритные размеры, мм	Средняя масса изделий, г	Простая	
		1	2
60	1,0	300—00	360—00
60	3,5	86—00	103—20
60	7,5	40—00	48—00
60	15,0	192—00	230—40
120	30,0	110—40	154—60
120	60,0	55—00	77—00
200	115,0	35—10	59—70
200	225,0	35—80	60—90
300	400,0	26—00	54—60
300	650,0	16—00	33—60
300	1000,0	10—40	21—80
500	1450,0	9—50	27—60
500	2000,0	6—90	20—00
500	2650,0	5—20	15—10

Цеховые и общезаводские расходы в нормативной себестоимости распределяются на отдельные виды продукции пропорционально заработной плате основных производственных рабочих.

Предложенная автором структура затрат по калькуляционным статьям для спеченных изделий общемашиностроительного назначения предусматривает выделение из цеховых расходов затрат на инструмент, амортизацию, содержание и текущий ремонт оборудования. Поэтому к прочим цеховым затратам, не учтенным в нормативах, относятся содержание цехового персонала, охрана труда, исследования и испытания и другие расходы.

Анализ величины косвенных перераспределенных затрат позволил установить следующие временные нормативы для мало- и крупносерийного, а также массового производства спеченных изделий общемашиностроительного назначения. Так, для малосерийного производства норматив определен в процентах к основной заработной плате производственных рабочих и составляет 30%, общезаводские расходы 35%; для крупносерийного пропорционально отдельным видам продукции и для массового производства — в нормочасах машинной работы основного оборудования — прессов.

Для определения размеров доплат и скидок за выполнение предприятием-изготовителем некоторых дополнительных требований к качеству и свойствам материала разработаны нормативы дополнительных затрат. Их расчет производится с применением нормативно-параметрического метода — придают материалам дополнительные свойства (высокой точности, чистоты поверхности и плотности) учитывалось с помощью коэффициентов доплат, уровень которых рассчитан по величине нормативных затрат на заработную плату, инструмент, амортизацию оборудования, его обслуживание и энер-

Сложная		Весьма сложная	
1	2	1	2
750—00	900—00	1350—00	1620—00
215—00	258—00	397—00	464—00
100—00	120—00	180—00	216—00
480—00	576—00	864—00	1036—80
331—20	397—40	596—20	717—60
165—00	198—00	297—00	357—50
122—90	147—40	221—10	266—80
125—30	150—40	225—50	272—10
117—00	140—40	210—60	252—20
72—00	86—40	129—60	155—20
46—80	56—20	84—20	100—90
57—00	68—40	96—00	112—40
41—40	49—70	69—70	89—70
31—20	37—40	52—50	67—60

гию. Предприятия порошковой металлургии несут дополнительные расходы и в случае выполнения заказа на изготовление спеченных изделий в объемах ниже оптимальной серийности.

Таким образом, общественно необходимая себестоимость спеченных изделий  $C_{o, и}$  может быть определена по следующей схеме:

$$C_{o, и} = C_{o, и j} + W_d$$

где  $C_{o, и j}$  — общественно необходимая себестоимость базового агрегированного изделия  $i$ -й группы сложности и  $j$ -й весовой группы;  $W_d$  — дополнительные затраты в связи с приданием изделиям свойств, не обеспечиваемых основными операциями;

$$W_{\text{д}} = W_{\text{зак}} + W_{\text{п. м}} + W_{\text{к}} + W_{\text{т}} + W_{\text{л}} + W_{\text{м}} + C_{\text{д. р}},$$

здесь  $W_{\text{зак}}$  — доплаты за размер заказа деталей в пределах минимальной и максимальной партий запуска;  $W_{\text{п. м}}$  — затраты на обеспечение высокой плотности материала;  $W_{\text{к}}$  — затраты на достижение высокого класса точности изделий;  $W_{\text{т}}$  — затраты на термообработку;  $W_{\text{л}}$  — рост величины себестоимости за каждый процент содержания легирующих элементов в изделиях (выше 3%);  $W_{\text{м}}$  — стоимость механической обработки спеченных деталей, определяемая по согласованию между поставщиком и покупателем;  $C_{\text{д. р}}$  — сумма дополнительной себестоимости за специальные виды работ, определяемые по согласованию между поставщиком и покупателем.

Следовательно, общественно необходимая себестоимость спеченных изделий, рассчитанная на основе нормативов материальных и трудовых затрат, — база при расчете уровня общественно необходимых затрат труда, которые являются непосредственной базой оптовых цен на продукцию порошковой металлургии.

При использовании нормативно-параметрического метода для определения уровня общественно необходимых затрат и ценностных соотношений по параметрическому ряду агрегированных изделий была установлена связь потребительной стоимости спеченных изделий с их себестоимостью. Ниже приведена методика расчета основных доплат.

Затраты, связанные с приданием материалу высокой плотности и обеспечением высокого класса точности изделий, учитываются с помощью системы доплат. Для этого установлены нормативы. Так, для изделий общемашиностроительного назначения: обычный класс точности детали по 11—14 качеству; высокий класс точности по 7—9 качеству; степень плотности материала (серийность) 15% или менее.

В основу доплат за высокую плотность заложены нормативные затраты на основную и дополнительную заработную плату второго прессования и второго спекания, отчисления на социальное страхование и расходы по возмещению износа инструмента. Для упрощения расчетов по этому виду доплат автором разработаны коэффициенты, дифференцированные по каждой весовой группе (г):

	Повышение плотности	Высокий класс точности
<2	1,7	1,5
2,1—5	1,6	1,4
5,1—10	1,5	1,3
10,1—20	1,4	1,25
20,1—40	1,3	1,2
40,1—80	1,2	1,15
80,1—150	1,15	1,10
150,1—300	1,13	1,08
300,1—500	1,08	1,06
500,1—800	1,06	1,05
800,1—3000	1,05—1,02	1,04—1,01

В основу определения общественно необходимых дополнительных затрат, связанных с объемом производства изделий из металлических порошков, положена средняя стойкость пресс-форм в зависимости от массы изделий и материальной основы. Так, для деталей на железной основе массой до 40 г средняя стойкость пресс-форм равна 25 тыс. шт.; 40,1—800 г— 20 тыс. шт. и выше 800 г— 16 тыс. шт. Средняя стойкость пресс-форм при изготовлении деталей на основе цветных металлов на 25 % выше, чем на железной. С учетом распределения годового заказа по кварталам (месяцам) был установлен верхний предел серийности, при котором коэффициент доплат за серийность равен 1: для изделий массой до 40 г— 50 тыс. шт.; 40,1—800 г— 40 тыс. шт. и выше 800 г— 30 тыс. шт. Нижний предел серийности установлен на уровне 3 тыс. шт.

Коэффициент максимальной доплаты за серийность для конструктивных и антифрикционных изделий установлен на основе данных предприятий порошковой металлургии в результате сопоставления калькуляций изготовивших деталей-представителей, находящихся в нижнем и верхнем пределах серийности. Для изделий на железной основе он принят 1,5 на основе из цветных металлов 1,35.

Расчетные коэффициенты доплат за серийность приведены в табл. 13.

Таблица 13. Коэффициенты увеличения себестоимости в связи с изготовлением заказа деталей в пределах максимальной и минимальной серийности

Размер заказа, тыс. шт.	Весовая группа, г		
	< 40	40,1—80	> 80
<i>Железная основы</i>			
5,0—10,0	1,45	1,44	1,42
10,1—15	1,36	1,34	1,29
15,1—20	1,33	1,29	1,28
20,1—25	1,27	1,22	1,13
25,1—30	1,23	1,16	1,04
30,1—35	1,18	1,09	—
35,1—40	1,14	1,08	—
40,1—45	1,08	—	—
45,1—50	1,02	—	—
<i>Основа из цветных металлов</i>			
5,0—10,0	1,31	1,30	1,29
10,1—15	1,26	1,24	1,21
15,1—20	1,23	1,19	1,15
20,1—25	1,19	1,15	1,09
25,1—30	1,16	1,07	1,03
30,1—35	1,13	1,01	—
35,1—40	1,09	1,02	—
40,1—45	1,05	—	—
45,1—50	1,02	—	—

Важнейшим критерием развития и одним из основных факторов, влияющим на экономику производства и применения изделий порошковой металлургии, является показатель сложности форм фактически освоенных промышленностью изделий. Специально для ценообразования разработан классификатор групп сложности изделий из металлических порошков (Приложение 4).

Для стимулирования выпуска продукции повышенной сложности себестоимость на основные изделия была установлена в 1,2—3,2 раза выше, чем на изделия простой группы сложности.

Спеченные изделия разбиваются на три группы сложности с двумя подгруппами в каждой. Основными признаками такого деления являются: геометрическая форма детали и конфигурация ее сечения; сложность изготовления пресс-форм; возможная степень автоматизации прессования; количество и трудоемкость операций; влияние конфигурации детали на ее плотность по всему сечению; возможность применения калибровки для получения высоких классов точности.

Каждый из этих факторов оказывает влияние на величину затрат, связанных со сложностью изготовления продукции из металлических порошков, но определяющими являются стоимость пресс-форм, а также количество и трудоемкость операций производственного цикла получения изделий повышенной сложности.

Материалы и изделия порошковой металлургии имеют широкий диапазон потребительских свойств и производственных технологий. Поэтому разработка и утверждение нормативов затрат являются самостоятельным этапом ценообразования, а нормативы материальных и трудовых затрат должны отражать не индивидуальный, а общественно необходимый их уровень. Автор считает, что нормы затрат должны быть прогрессивными, т. е. соответствовать уровню затрат передовых предприятий; внедрение таких норм даст экономию материальных и трудовых затрат. Однако не каждое передовое предприятие может иметь среднепрогрессивные условия производства, поэтому нормативы должны быть рассчитаны с учетом дифференцированных условий производства передовых в техническом и организационном отношении предприятий. Для ценообразования необходимы также унифицированные нормативы, в наибольшей степени отражающие уровень общественно необходимых затрат.

Общественно необходимые нормативы затрат на продукцию порошковой металлургии разработаны сочетанием методов проектирования типового технологического процесса и прямого калькулирования. Однако в этих методах не всегда в достаточной степени учтена зависимость издержек производства от технико-экономических параметров изделий и объема выпускаемой продукции. Поэтому необходимы новые прогрессивные методы расчета общественно необходимых затрат на продукцию порошковой металлургии. Таким методом является многофакторный статистический анализ себестоимости изделий порошковой металлургии. В результате статистического анализа устанавливается многофакторная корреляционная

зависимость себестоимости спеченных изделий от их технико-экономических и производственных параметров.

### 3. Расчет себестоимости изделий порошковой металлургии с применением математического аппарата

Зависимость себестоимости изделий из металлических порошков от технико-экономических и производственных параметров устанавливалась последовательно тремя способами — табличным, графическим и аналитическим. Табличный метод служил для сбора и первичной обработки исследуемых материалов. Графический анализ дает возможность визуально определить зависимость между себестоимостью и факторами, влияющими на нее. Данные графиков показали, что с увеличением массы и серийности себестоимость изделий уменьшается, а с увеличением группы сложности возрастает. Таким образом, себестоимость  $I$  т спеченных изделий прямо пропорциональна изменению трудоёмкости и группы сложности и обратно пропорциональна массе и серийности. С помощью графического анализа устанавливался характер зависимости между рассматриваемыми величинами, определялось уравнение этой зависимости и выбирался аналитический метод исследования.

Для установления параметрических зависимостей был применен метод корреляционной связи, наиболее соответствующий целям построения экономико-статистической модели себестоимости спеченных изделий. Построение начинается с тщательного экономического анализа моделируемого объекта. Сложность такого экономического показателя, как себестоимость, наличие в нем различных тенденций часто приводит к тому, что анализ не позволяет однозначно ответить на вопрос о влиянии оборотных факторов на себестоимость изделий. Поэтому в расчетах был применен двухстадийный отбор. На первой стадии учитывались все факторы, связанные с себестоимостью анализируемых спеченных изделий, численные значения которых можно определить. На второй стадии исследовалась теснота связи этих показателей путем расчета парных и частных коэффициентов корреляции.

Важный этап моделирования — сбор статистических данных, от которого зависит реальный результат применения модели. Поскольку фактические калькуляционные материалы по конкретным изделиям носят несопоставимый характер, то для выявления корреляционной зависимости по упорядоченной номенклатуре деталей нечисленна среднеотраслевая себестоимость изготовления спеченных изделий. В связи с разнообразием и интенсивным обновлением ассортимента продукции из металлических порошков за калькуляционную единицу было принято агрегированное изделие.

Как было указано выше, детали агрегировались по таким основным показателям, как химический состав, физико-механические свойства материала, масса изделия, площадь и усилие прессования, группа сложности и серийность производства изделий. В многофак-

торный корреляционный анализ были включены спеченные изделия наиболее представительных групп.

Закономерности формирования себестоимости спеченных изделий исследуются в два этапа: первый — исследование характера изменения величины расходов в зависимости от изменения каждого отдельно взятого фактора, второй — исследование характера изменения величины себестоимости в зависимости от комплекса факторов (многофакторный корреляционный анализ).

При анализе парной корреляционной зависимости себестоимости от факторов-аргументов изучалось влияние всех отобранных технико-экономических параметров в отдельности на величину себестоимости. С этой целью исследовалась теснота связи путем расчета парных коэффициентов корреляции. Расчет их величины (для одного показателя — функции и трех показателей — аргументов) производится на базе определения следующих значений:

$$\Sigma x_1, \Sigma x_2, \Sigma x_3, \Sigma y, \Sigma x_1y, \Sigma x_2y, \Sigma x_3y, \Sigma x_1^2, \Sigma x_2^2, \Sigma x_3^2, \Sigma x_1x_2, \Sigma x_1x_3, \Sigma y^2.$$

Общая формула для расчета коэффициента парной корреляции имеет вид

$$r = \frac{n \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{\sqrt{n \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} \sqrt{n \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2}} \quad (4)$$

Подставляя в нее числовые значения символов, рассчитывают коэффициенты парной корреляции.

Пример расчета парного коэффициента корреляции фактора  $x_1$  (трудоемкость) с себестоимостью приведен ниже

$$r_{x_1y} = \frac{n \Sigma x_1y - \Sigma x_1 \Sigma y}{\sqrt{n \Sigma x_1^2 - (\Sigma x_1)^2} \sqrt{n \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2}};$$

$$r_{x_1y} = \frac{660 \cdot 390994064 - 117444 \cdot 1083388}{\sqrt{660 \cdot 67386420 - 117444^2} \sqrt{660 \cdot 2683174465 - 1083388^2}} = 0,97.$$

Из матрицы рассчитанных парных коэффициентов корреляции следует, что наиболее тесная связь существует между исследуемым показателем (себестоимостью изготовления 1 т спеченных деталей) и трудоемкостью —  $x_1$  ( $r_{yx_1} = 0,97$ ), массой деталей  $x_4$  ( $r_{x_4y} = 0,86$ ), серийностью  $x_3$  ( $r_{yx_3} = 0,19$ ). Некоторые из этих факторов связаны между собой зависимостью, близкой к функциональной. Так  $r_{x_1x_4} = 0,91$ ,  $r_{x_4x_5} = 0,43$ . Поэтому одновременно нельзя включать в много-

факторный анализ все перечисленные факторы. На основании предварительного качественного анализа парных коэффициентов корреляции в модель включен такой фактор, как трудоемкость,  $x_1$  и отброшен фактор  $x_4$  - масса детали, который почти функционально связан с  $x_1$ . Исходя из частных коэффициентов корреляции, в анализ включили факторы: группа сложности  $x_2$  и величина партии запуска  $x_3$ , хотя парные коэффициенты корреляции их с себестоимостью невысоки ( $r_{yx_2} = 0,12$ ,  $r_{yx_3} = 0,19$ ).

Таким образом, для построения многофакторной корреляционной модели были отобраны три следующих показателя:  $x_1$  — трудоемкость изготовления 1 т спеченных деталей;  $x_2$  — группа их сложности;  $x_3$  — величина партии запуска деталей в производство.

Большой интерес для многофакторного корреляционного анализа себестоимости спеченных деталей представляет включение в модель четвертого показателя — стоимости активной части (основных производственных фондов). Для упрощения расчетов четвертый показатель не включается в многофакторный корреляционный анализ, а учтен в качестве поправочного коэффициента к уравнению.

#### *Выбор формы связи и нахождение параметров уравнения, описывающего модель*

Определение количественных соотношений между уровнем себестоимости и факторами возможно при установлении вида зависимости. В исследовании была принята линейная зависимость вида

$$y = A_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 \quad (5)$$

на основании графического анализа связи между факторами-аргументами  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  и фактором-функцией  $y$ .

Числовые значения параметров  $A_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  уравнения (5) определяются способом наименьших квадратов по общим правилам

$$\sum (y_{i\text{оп}} - y_{i\text{рас}})^2 = \min, \quad (6)$$

так как этот способ наиболее точно учитывает отклонения опытных данных от расчетных.

На основании уравнения (5) выражение (6) принимает вид

$$\sum y - (A_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3)^2 = \min.$$

Для нахождения значений  $A_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  частные производные по  $A_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  приравняются к нулю.

Путем простейших преобразований получаем систему из  $(n+1)$  нормальных уравнений способа наименьших квадратов с  $(n+1)$  неизвестными

$$\begin{aligned} \sum y_i &= nA_0 + a_1 \sum x_{1i} + a_2 \sum x_{2i} + a_3 \sum x_{3i}; \\ \sum x_{1i}y_i &= A_0 \sum x_{1i} + a_1 \sum x_{1i}^2 + a_2 \sum x_{1i}x_{2i} + a_3 \sum x_{1i}x_{3i}; \\ \sum x_{2i}y_i &= A_0 \sum x_{2i} + a_1 \sum x_{1i}x_{2i} + a_2 \sum x_{2i}^2 + a_3 \sum x_{2i}x_{3i}; \\ \sum x_{3i}y_i &= A_0 \sum x_{3i} + a_1 \sum x_{1i}x_{3i} + a_2 \sum x_{2i}x_{3i} + a_3 \sum x_{3i}^2; \end{aligned} \quad (7)$$

где  $n$  — число исследуемых деталей, принятое при многофакторном корреляционном анализе;  $i$  — количество учитываемых факторов.

Для нахождения коэффициентов  $A_0, a_1, a_2, a_3, a_4$  необходимо было определить следующие величины:  $\sum y, \sum x_1, \sum x_2, \sum x_3, \sum x_1y, \sum x_2y, \sum x_3y, \sum x_1^2, \sum x_2^2, \sum x_3^2, \sum x_1x_2, \sum x_1x_3, \sum x_2x_3, \sum y^2$ .

Подставив их числовые значения в систему нормальных уравнений (7), получают систему определителей. После расчета определителей находят значения коэффициентов регрессии:  $a_0, a_1, a_2, a_3$ .

В результате подстановки найденных коэффициентов регрессии уравнение множественной корреляционной зависимости (5) примет вид

$$y = 1198,9 + 2,2x_1 + 79,1x_2 - 27x_3.$$

Теснота связи между коррелируемыми переменными ( $y$  и  $x_1, x_2, x_3$ ) уравнения устанавливается путем вычисления коэффициента множественной корреляции  $R$  по формуле

$$R = \frac{\sum y_i \bar{y}_i - \frac{\sum y_i \sum \bar{y}_i}{n}}{\sqrt{\sum \bar{y}_i^2 - \frac{(\sum \bar{y}_i)^2}{n}}} \sqrt{\sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n}}$$

где  $y_i$  — опытное значение себестоимости, руб/т;  $\bar{y}_i$  — расчетное значение себестоимости, определенное по уравнению множественной корреляции, руб/т;  $n$  — число деталей, включенных в корреляционный анализ.

Подставляя данные в формулу (6), установили, что коэффициент множественной корреляции близок к единице (0,91). Весьма высокий коэффициент свидетельствует о том, что избранные производственные и технические параметры изделий из металлических порошков являются действительно основными для данных исследований и использование уравнений множественной корреляции (6) для определения себестоимости деталей на основе их параметров обеспечит надежные результаты.

Абсолютный размер отклонений незначителен и находится в пределах практически допустимого. К тому же предлагаемый метод оценки позволяет определить себестоимость задолго до начала изготовления деталей, еще на стадии проектирования, однако когда уже известны основные технические характеристики. С помощью коэффициента детерминации (коэффициента корреляции, возведенного в квадрат) можно измерить, в какой степени изменение себестоимости зависит от изменения учтенных параметров, а в какой — от изменения прочих факторов. При коэффициенте детерминации, равном 0,845, различия в уровне себестоимости на 84,5 % определяются изменением исследуемых факторов, а на 15,5 % — изменением прочих факторов.

Дальнейшее исследование уравнения множественной корреляции (5) требует статистического анализа построенной модели, ее значимости, измеряемой критерием Фишера  $F$  по формуле

$$F = R^2 (n-1) / [(1-R^2) n].$$

После подстановки числовых значений определяют расчетное значение критерия Фишера. Затем необходимо произвести оценку точности уравнения множественной корреляции. За критерий точности можно принять величину  $\bar{\varepsilon}$  (ошибка аппроксимации), которая выбирается в зависимости от задачи исследований (5—20%)

Величина  $\bar{\varepsilon}$  рассчитывается по формуле

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{y_i} \cdot 100. \quad (8)$$

Подставив исходные значения в формулу (8), рассчитывают величину средней ошибки аппроксимации. После проверки значимости и точности уравнения необходимо доказать существенность коэффициента множественной корреляции и его доверительные интервалы. Проверка коэффициента множественной корреляции по  $T_R$ -критерию (критерий Стьюдента) в нашем примере показала, что он значим.

Расчетное значение  $T_R$ -критерия определялось по формуле

$$T_R = R / \sigma_R,$$

где  $\sigma_R$  — средняя квадратическая ошибка коэффициента множественной корреляции

$$\sigma_R = 1 - R^2 / \sqrt{n-1}.$$

Подставив значения символов в формулу, определяют значение коэффициента Стьюдента, где  $T_{R_{расч}} > t_{табл}$ .

Таким образом, гипотеза о равенстве коэффициента множественной корреляции нулю считается опровергнутой, так как нуль не содержался в его доверительном интервале. Коэффициент множественной корреляции признан существенным.

Доверительные интервалы для коэффициента множественной корреляции определены по формуле

$$R - t_{табл} \sigma_R \leq R \leq R + t_{табл} \sigma_R$$

или после подстановки

$$0,919 - 0,016 \leq R \leq 0,919 + 0,016.$$

Теперь для выяснения существенности факторов, входящих в линейную модель, их следует проранжировать по величине значимости. Для этого оценивается значимость коэффициентов регрессии, т. е. определяется величина  $t_{a_i}$  по формуле

$$t_{a_i} = a_i / \sigma_{a_i},$$

где  $a_i$  — коэффициент регрессии;  $\sigma_{a_i}$  — средняя квадратическая ошибка коэффициента регрессии

$$\sigma_{a_i} = \sqrt{\frac{\sum (u_i - \bar{y}_i) C_{ii}}{n - 1}}$$

где  $C_{ii}$  — диагональный элемент обратной матрицы системы нормальных уравнений.

Проведем расчет исходных данных для определения средней квадратической ошибки коэффициентов регрессии  $\sigma_{a_i}$ . Фактор, для которого  $t_{a_i}$  наименьшее или меньше  $t_{табл.}$  признан незначимым. Его можно исключить из уравнения и построить новую модель, в которой снова оцениваются коэффициенты регрессии и исключается фактор, для которого новое значение  $t_{a_i}$  будет наименьшим. Такая процедура продолжается до тех пор, пока происходит уменьшение остаточной дисперсии. При исключении фактора, когда остаточная дисперсия уменьшается, сумма квадратов остаточной вариации увеличивается незначительно, вследствие чего коэффициент множественной корреляции уменьшается тоже незначительно. Как только остаточная дисперсия начинает расти, сумма квадратов остаточной вариации резко возрастает и коэффициент множественной корреляции резко уменьшается. Аналогично можно в какой-то мере решить проблему отсева несущественных факторов.

Можно описать с достаточной точностью и полнотой значимости зависимость себестоимости от выбранных факторов. Коэффициенты регрессии при неизвестных показывают, на сколько единиц в среднем изменится себестоимость при изменении каждого фактора на единицу его измерения при фиксированном значении остальных факторов. Так, уменьшение значения трудоемкости на одну исследуемую группу, снижение группы сложности на один разряд и увеличение партии запуска на 5,0 тыс. шт. приводит к снижению себестоимости соответственно на 2,2; 79,1 и 27 руб.

Однако только на основании коэффициентов регрессии, имеющих различный физический смысл и различные единицы измерения, трудно определить долю влияния каждого фактора на изменение уровня себестоимости. Для измерения относительного влияния факторов на себестоимость необходимо учесть различия в физическом выражении значений факторов и в уровнях их колеблемости. Для сопоставления разнородных факторов в исследование были введены так называемые частные коэффициенты эластичности<sup>1</sup>, которые позволяют измерить в процентах изменение себестоимости при изменении каждого фактора на одну и ту же относительную величину — на 1 %. Они указывают, что при любом значении показателей — факторов себестоимости изделий увеличение трудоемкости на 10 %, а группы сложности изготовления деталей на 100 %, а

<sup>1</sup> Коэффициенты эластичности определены по формуле  $\Theta_i = a_i (x_i / \bar{y}_i)$ , предложенной в работе Л. Л. Терехова «Экономико-математические методы». М.: Статистика, 1972.

также уменьшение серийности на 10 % приводит к росту себестоимости соответственно на 2,38; 16,9 и 4,52 %. Анализ частных коэффициентов эластичности показывает, что наибольшее влияние на себестоимость оказывает серийность изготавливаемых деталей, затем — трудоемкость и лишь потом — группа сложности.

Для измерения влияния на себестоимость анализируемых факторов с учетом различий в уровне их колеблемости применяют особый показатель, так называемый  $\beta$ -коэффициент, который указывает, на сколько  $\sigma$  (сигма) изменяется в среднем функция с изменением на одну  $\sigma$  соответствующего аргумента при фиксированном значении остальных показателей. Расчет  $\beta$ -коэффициентов производится по формуле, предложенной Л. М. Тереховым:

$$\beta_{x_i} = a_i (\sigma_{x_i} / \sigma_y),$$

где  $\sigma_{x_i}$  — среднее квадратическое отклонение параметра;  $\sigma_y$  — среднее квадратическое отклонение показателя-функции.

Для построенной модели  $\beta$ -коэффициенты имеют следующие значения:  $x_1 = 3,786$ ;  $x_2 = 0,927$ ;  $x_3 = 22,646$ . Рассчитанные  $\beta$ -коэффициенты указывают, что если учитывать различия в уровне колеблемости факторов, то картина будет несколько иной, чем при частных коэффициентах эластичности. Влияние фактора партии запуска деталей в производство  $x_3$  несколько снижается, если сравнивать с частными коэффициентами эластичности. Однако при этом наибольшее изменение в уровне себестоимости вызывают колебания трудоемкости (фактор  $x_1$ ).

Итак, проведенные расчеты свидетельствуют о значимости и надежности уравнения множественной корреляционной зависимости себестоимости от рассматриваемых факторов. Кроме того, большой интерес, как указывалось выше, представляет учет такого показателя, как стоимость активной части ОПФ предприятия-изготовителя ( $x_6$ ), не включенных в анализ ввиду трудоемкости расчетов на клавишных вычислительных машинах.

Хотя парный коэффициент корреляции фактора  $x_6$  с себестоимостью не высок ( $\sqrt{x_6 y} = 0,18$ ), судя по частным коэффициентам корреляции и исходя из экономического анализа, необходимо включить в модель (4) в качестве поправочного коэффициента показатель стоимости активной части ОПФ. В этом случае уравнение множественной корреляционной зависимости (5) примет вид:

$$y = (1198,9 + 2,2x_1 + 79,1x_2 - 27,0x_3) a_6 x_6,$$

где  $a_6$  — коэффициент, характеризующий степень влияния стоимости активной части ОПФ на себестоимость.

### *Порошковые покрытия*

При составлении методических положений и моделировании производства использовались действующие положения и технологические инструкции. Последовательность методических подходов в

расчетах такая же, как и для спеченных. Если имеются какие-либо особенности в рамках технологий, то они отражаются по ходу изложения методики. Так, методический расчет материальных затрат дается для детонационного и отдельно для плазменного и газоплазменного способов покрытий. Приступая к расчету затрат на материалы, прежде всего рассчитывают нормы расхода, которые определяются по следующим формулам:

1. Общий подход

$$H_{\text{м}} = q_{\text{м.н}} n_{\text{и}} \cdot H_{\text{н}} + m_{\text{п}} / k_{\text{м}}; \quad H_{\text{н}} = \Pi_{\text{у}} t_{\text{и}} k_{\text{м}}$$

2. Для плоских поверхностей

$$H_{\text{м}} = A \rho_{\text{п.н}} / k_{\text{м}}$$

3. Для тел вращения:

1) для наружных поверхностей

$$H_{\text{м}} = (\pi R_1^2 - \pi R_2^2) l \rho_{\text{п.н}} / k_{\text{м}}$$

2) для внутренних поверхностей

$$H_{\text{м}} = (\pi R_2^2 - \pi R_1^2) l \rho_{\text{п.н}} / k_{\text{м}}$$

где  $H_{\text{н}}$  — норма расхода основных материалов: кг;  $q_{\text{м.н}}$  — расход порошка за один импульс (выстрел);  $n_{\text{и}}$  — общее количество импульсов ( $n_{\text{и}} = b c t_{\text{и}}$ );  $b c$  — скорострельность установки, выстрел/с;  $t_{\text{и}}$  — время напыления, ч;  $m_{\text{п}}$  — масса металлизированного покрытия;  $k_{\text{м}}$  — коэффициент использования напыляемого материала (зависит от конфигурации и размера деталей)<sup>1</sup>

$$k_{\text{м}} = m_{\text{п}} / m_{\text{м}} \text{ или } \lambda h \rho_{\text{п}} d_{\text{п}} b k_{\text{у}} / 4 m_{\text{у}}$$

здесь  $\Pi_{\text{у}}$  — производительность установки, кг/ч;  $A$  — объем напыляемого покрытия, см<sup>3</sup>;  $m_{\text{п}}$  — масса распыленного материала;  $\rho_{\text{п}}$  — объемная плотность покрытия, г/см<sup>3</sup>;  $d_{\text{п}}$  — средняя фракция порошка;  $k_{\text{у}}$  — коэффициент неравномерности слоя покрытия;  $m_{\text{у}}$  — навеска порошка, г;  $R_1$  — радиус подложки после покрытия;  $R_2$  — радиус подложки перед покрытием;  $l$  — длина напыляемого участка, см;  $b$  — ширина напыляемого участка, см;  $h$  — высота напыляемого слоя, см;  $\rho_{\text{п}}$  — плотность напыляемого покрытия, г/см<sup>3</sup>.

Формула расчета выбирается исходя из конкретных условий производства.

По диффузионным и покрытиям электроннолучевого легирования расход основных материалов определяется следующим образом. Вначале производится расчет норматива расхода основных материалов:

$$H_{\text{о.м}} = S q_{\text{пр}}$$

<sup>1</sup> Теоретические разработки и методология расчета нормативов использования напыляемого материала выполнены в ИПМ АН УССР И. М. Лехом.

где  $S$  — площадь изделия,  $\text{см}^2$ ;  $q_{\text{шп}}$  — удельное приращение массы,  $\text{кг}/\text{см}^2$ .

Удельное приращение массы  $q_A$  ( $\text{мг}/\text{см}^2$ ) определяют по формуле

$$q_A = (m_{D_2} - m_{D_1}) / S,$$

где  $m_{D_1}$  — масса детали до нанесения покрытий методом диффузионного насыщения;  $m_{D_2}$  — масса детали после нанесения покрытий;  $S$  — площадь поверхности детали.

Удельный прирост массы согласно техническим условиям должен находиться в пределах,  $\text{мг}/\text{см}^2$ : Fe + Cr — Si + Ti — 16 — 19; B — Ti + Si — 15 — 18; B — Si + Ti — 15 — 17.

Затем определяется расход основных материалов в денежном выражении по формуле

$$W_{M_0} = \left( \sum_{i=1}^n \Pi_M H_{M_0} \right) k_T,$$

где  $W_{M_0}$  — стоимость основных материалов, руб.;  $\Pi_M$  — оптовая цена единицы материала, руб.;  $H_{M_0}$  — норма расхода основных материалов, кг;  $n_{M_0}$  — число позиций в номенклатуре основных материалов;  $k_{T, \text{з}}$  — коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Расчет затрат на полуфабрикаты ведется по формуле

$$W_{\text{п. ф}} = k_{T, \text{з}} \sum_{i=1}^{n_{\text{пф}}} \Pi_{\text{пф}},$$

где  $\Pi_{\text{пф}}$  — оптовая цена полуфабрикатов кооперированных или общезаводская себестоимость полуфабрикатов собственного производства, руб./шт.;  $k_{T, \text{з}}$  — коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;  $n_{\text{пф}}$  — число позиций в номенклатуре полуфабрикатов.

Затраты на электроэнергию, приходящиеся на изделие (деталь), в общем виде складываются из следующих величин:

$$W_{\text{э}} = \sum_{i=1}^n W_{\text{э. с}} + \sum_{i=1}^n W_{\text{э. т}},$$

где  $W_{\text{э. с}}$  и  $W_{\text{э. т}}$  — затраты на электроэнергию соответственно силовую и технологическую, приходящиеся на изделие при выполнении  $i$ -й операции, руб.;  $n$  — число операций в технологическом процессе.

Расчет затрат на силовую электроэнергию, приходящуюся на изделие (деталь), по операциям ведется по формуле

$$W_{\text{э. с}} = \Pi_{\text{э}} \sum_{i=1}^n \frac{N_y k_{\text{эд}} k_N k_{\text{од}} k_{\text{л.э}}}{k_{\text{ф}}} t_{\text{э.э.}}$$

где  $N_y$  — суммарная установленная мощность электродвигателей

оборудования, кВт;  $k$  — коэффициент загрузки электродвигателей оборудования по времени (0,6—0,7);  $k_N$  — коэффициент загрузки оборудования по мощности (0,5—0,8);  $k_{од}$  — коэффициент одновременности работы электродвигателей (0,8—1,0);  $k_{п.}$  — коэффициент полезного действия электродвигателей оборудования (0,65—0,90);  $k_{п.э}$  — коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети (1,05);  $t_{эд}$  — длительность работы электродвигателя на протяжении операции, ч;  $\Pi_э$  — стоимость 1 кВт·ч электроэнергии с учетом платы за установленную мощность и затраты на содержание трансформаторной сети (2,2—3,0 коп.);  $n_0$  — число операций в технологическом процессе.

Расчет затрат на технологическую электроэнергию, приходящуюся на изделие (деталь), по операциям ведется по формуле

$$W_{э.т} = \Pi_э \sum_{i=1}^n \frac{N_Y k_{э.т} H_Y}{\Pi_0} \quad \text{или}$$

$$W_{э.т} = \Pi_э \sum_{i=1}^n k_{э.э} N_Y t_{эд}$$

или

$$W_{э.т} = \Pi_э \sum_{i=1}^n k_N N_Y t_{эд},$$

где  $W_{э.т}$  — затраты на электроэнергию технологическую, руб.;  $N_Y$  — суммарная установленная мощность оборудования, занятого при выполнении  $i$ -й операции, кВт;  $k_{э.т}$  — коэффициент нагрузки электродвигателя (коэффициент спроса электроэнергии при выполнении  $i$ -й операции);  $\Pi_0$  — производительность единицы оборудования, занятого при выполнении  $i$ -й операции, кг/ч (шт/ч);  $t_{эд}$  — длительность работы электродвигателя на протяжении операции, ч.

Расчеты расходов на заработную плату проводятся в такой последовательности: первоначально рассчитывается общий годовой фонд заработной платы всех категорий работающих. При этом в него не включаются премии, выплаченные из фонда материального поощрения, и премии за внедрение новой техники. Расчет расходов на основную заработную плату производственных рабочих проводят по формуле

$$З_p = \sum_{i=1}^n З_{p.н} = \sum_{i=1}^n З_т H_{в.э} = З_{p.т} З_{p.н} З_{д.} З_{p.э.}$$

где  $З_p$  — основная заработная плата производственных рабочих по операциям, руб.;  $З_{p.т}$  — пооперационная заработная плата основных производственных рабочих в технологическом процессе, руб.;  $n$  — число операций в технологическом процессе;  $H_{в.э}$  — норма времени на операцию, ч;  $З_т$  — часовая тарифная ставка по данному разряду работы, руб.;  $З_{p.н}$  — основная заработная плата производственных рабочих на механической обработке деталей, руб.

Расчет затрат на заработную плату производственных рабочих по подготовке порошков

$$З_{р.п} = \frac{H_B + t_{ф.п}}{H_M} Q_M k_H З_T,$$

где  $З_{р.п}$  — основная заработная плата производственных рабочих по подготовке порошков, руб.;  $H_B$  — норма времени на взвешивание, загрузку и выгрузку партии порошков, ч;  $t_{ф.п}$  — время фактической занятости рабочего по подготовке порошков (определяется как отношение нормы времени на подготовку порошков к числу единиц оборудования, обслуживаемых одним рабочим), ч;  $H_M$  — норма однократной загрузки порошка, кг;  $k_H$  — коэффициент перевыполнения норм выработки;  $З_T$  — часовая тарифная ставка по данному ряду работы, руб.;  $Q_M$  — расход основного материала на деталь, кг.

Расчет затрат на заработную плату основных производственных рабочих по подготовке поверхности подложки для нанесения покрытия

$$З_{р.п} = \frac{t_{п.з} + t_{ф.п}}{n_D} k_H З_T,$$

где  $З_{р.п}$  — заработная плата основных производственных рабочих по подготовке поверхности подложки, руб.;  $t_{п.з}$  — время подготовительно-заключительное (на загрузку и выгрузку партии деталей), ч;  $t_{ф.п}$  — время фактической занятости рабочего по подготовке поверхности подложки (отношение времени по подготовке поверхностей к числу единиц оборудования, обслуживаемых одним рабочим), ч;  $n_D$  — число одновременно обрабатываемых деталей, шт.

Расчет затрат на заработную плату основных производственных рабочих на механическую обработку ведут по формуле

$$З_{р.м} = t_M + (t_{п.з} / n_{д.п}) k_H З_T,$$

где  $H_{в.н}$  — норма штучного времени на механическую обработку одной детали, ч;  $n_D$  — количество деталей в одной партии, шт.;  $k_H$  — коэффициент перевыполнения норм выработки (1,25).

Расчет затрат на заработную плату основных производственных рабочих при нанесении покрытий детонационным методом ведут по формуле

$$З_{д.н} = \sum_{i=1}^n H_{в.н} З_T k_H,$$

где  $H_{в.н}$  — норма времени на нанесение покрытия, человек;  $n_{с.т}$  — число операций в технологическом процессе детонационного нанесения.

Дополнительную заработную плату рассчитывают по формуле

$$З_{д} = З_{р.п} \frac{З_{д.н}}{100},$$

где  $Z_d$  — сумма дополнительной заработной платы, руб.;  $Z_o$  — основная заработная плата производственных рабочих, руб.;  $Z_{д.}$  — дополнительная заработная плата основных производственных рабочих, % к основной заработной плате.

Отчисления на социальное страхование определяют по формуле

$$Z_{с. с} = Z_p \frac{a_{с. с}}{100},$$

где  $Z_{с. с}$  — сумма отчислений на социальное страхование, руб.;  $Z_p$  — основная заработная плата производственных рабочих, руб.;  $a_{с. с}$  — отчисления на социальное страхование, % к основной заработной плате.

Расчет затрат на инструмент, специальные и универсальные приспособления ведут по формуле

$$W_{и} = \sum_{i=1}^n W_{р. и} + \sum_{i=1}^n W_{с. п} + \sum_{i=1}^n W_{у. п},$$

где  $W_{и}$  — затраты на инструмент, специальные и универсальные приспособления, руб.;  $W_{р. и}$  — затраты на режущий инструмент, руб.;  $W_{с. п.}$  — затраты на эксплуатацию специальных приспособлений, руб.;  $W_{у. п.}$  — затраты на эксплуатацию универсальных приспособлений, руб.;  $n$  — число операций в технологическом процессе.

Затраты на режущий инструмент, приходящиеся на одну операцию, определяют по формуле

$$W_{р. и} = \frac{Ц_{и} + n_{п} C_{п}}{t_t (n_{п} + 1)} t_{и},$$

где  $Ц_{и}$  — первоначальная стоимость инструмента, руб.;  $n_{п}$  — число переточек до полного износа;  $C_{п}$  — себестоимость одной переточки, руб.;  $t_t$  — период между двумя переточками, ч;  $t_{и}$  — длительность работы инструмента на протяжении операции (в условиях серийного производства) в среднем составляет 50 %, крупносерийного 60 %, массового 70 % от  $t$ , шт.

Затраты на эксплуатацию специальных приспособлений, приходящиеся на единицу изделия, определяют по формуле

$$W_{с. п} = 0,6 Ц_{п} / B,$$

где  $Ц_{п}$  — цена приспособления, руб.;  $B$  — годовая программа, шт.

Коэффициент 0,6 учитывает величину ежегодных амортизационных отчислений, которые при двухгодичном сроке списания затрат могут быть приняты в размере 50 %, или ежегодные затраты на ремонт приспособлений, составляющих 8—10 % их стоимости.

Затраты на эксплуатацию универсальных приспособлений, приходящиеся на одну операцию, определяют по формуле

$$W_{у. п} = (Ц_{у. п} + C_{р. у. п}) / (t_{у. п} B),$$

где  $Ц_{у. п}$  — стоимость универсального приспособления, руб.;

$C_{pyn}$  — себестоимость ремонтов универсального приспособления до полного его износа в течение периода, за который списываются затраты на его изготовление и ремонт, руб.;  $t_{yn}$  — число лет, в течение которых должны списываться затраты на изготовление и ремонт универсального приспособления.

Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования ведут по формуле

$$W_{э.о} = W_{ам} + W_{э.о} + W_{т.р.}$$

где  $W_{ам}$  — сумма амортизационных отчислений, руб.;  $W_{э.о}$  — затраты на эксплуатацию оборудования, руб.;  $W_{т.р.}$  — затраты на текущий ремонт оборудования, руб.

Расчет амортизационных отчислений

$$W_{ам} = \frac{Ц_0 H_{ам} n_0}{100} k_0,$$

где  $Ц_0$  — стоимость единицы оборудования, руб.;  $H_{ам}$  — годовая норма амортизационных отчислений, %;  $n_0$  — число единиц оборудования, занятого в технологическом процессе

$$k_0 = t_{i_0} / t_0 \leq 1,$$

где  $k_0$  — коэффициент занятости оборудования в технологическом процессе;  $t_{i_0}$  — время, необходимое для выполнения  $i$ -й операции на годовой объем работ, чел.-ч;  $t_0$  — общее годовое время работы оборудования, чел.-ч.

Расчет затрат на эксплуатацию оборудования ведут по формуле

$$W_{э.о} = W_{см} + З_p + Ц_э + W_{п.р.}$$

где  $W_{см}$  — затраты на смазочные, обтирочные материалы и т. п., руб.;  $З_p$  — заработная плата (основная и дополнительная с отчислениями на социальное страхование работников, обслуживающих оборудование, руб.;  $Ц_э$  — стоимость расходуемых энергии, пара, воздуха и т. п., руб.;  $W_{п.р.}$  — прочие расходы, связанные с содержанием механизированного и немеханизированного оборудования, руб.

Расчет затрат на текущий ремонт оборудования

$$W_{р.о} = (rn_0 W_p / B) k_0,$$

где  $W_{р.о}$  — затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;  $r$  — средняя группа ремонтной сложности;  $W_p$  — затраты на ремонт одной единицы ремонтной сложности оборудования, руб.

Прочие цеховые расходы могут приниматься в процентах от заработной платы производственных рабочих либо от суммы затрат на заработную плату и расходов на эксплуатацию оборудования. В случае необходимости прочие цеховые расходы определяют прямым порядком по отдельным элементам затрат. При этом используют данные об отдельных расходах.

Общезаводские расходы состоят из расходов на содержание

аппарата, заводоуправления и общезаводских хозяйств и служб, а также расходов по обеспечению производственной деятельности завода в целом. Ориентировочно общезаводские расходы по отношению к основной заработной плате составляют, %:

Производство:	
мелкосерийное	110—130
серийное	80—110
массовое	60—80
НИИ, КБ	30—60

Расход материала, напыляемого по другим газотермическим технологиям, рассчитывается по формуле

$$Q_M = \frac{m_M}{k_M} \dot{p}_M (1 - a') k_{н.м.},$$

где  $m_M$  — масса материала, расходуемого в процессе нанесения покрытий, г;  $\rho_M$  — плотность напыляемого материала, г/см<sup>3</sup>;  $a'$  — пористость покрытия, %;  $k_{н.м.}$  — коэффициент технологического использования материалов покрытия.

Для плоских поверхностей напыления

$$Q_M = A_{п.} + A_{п.м.},$$

где  $A_{п.}$  — объем материала, израсходованного непосредственно на покрытие ( $A_{п.} = S\delta$ ), см<sup>3</sup>;  $S$  — площадь напыляемой поверхности, см<sup>2</sup>;  $\delta$  — толщина покрытия, см;  $A_{п.м.}$  — объем потерь материала покрытия, см<sup>3</sup>

$$A_{п.м.} = \frac{\Pi_s r_n}{2} \delta,$$

где  $r_n$  — радиус напыляемого пятна, см

$$r_n = h_l H_{л.} \frac{\alpha}{2}$$

Здесь  $h_l$  — дистанция напыления, см;  $\alpha$  — угол рассеивания напыляемых частиц;  $\Pi_s$  — периметр (конфигурация) напыляемой площади, см.

Для вращающихся тел

$$Q_M = 2\Pi_s R_{в.т} \delta \left( h_l H_{л.} \frac{\alpha}{2} \right),$$

где  $R_{в.т.}$  — радиус вращающихся тел, см;  $l$  — длина (высота) напыляемой поверхности, см.

Стоимость расходуемого материала определяется по формулам: для плоских поверхностей напыления

$$W_M = \frac{\delta (2S + \Pi_s h_l H_{л.} \frac{\alpha}{2})}{2k_M} \rho_M (1 - a') \Pi_M k_{т.з.},$$

где  $\Pi_m$  — цена напыляемого материала, руб/кг;  $k_{т.з}$  — коэффициент транспортно-заготовительных расходов; для вращающихся тел

$$W_m = \frac{2\Pi_m R_v \tau \delta (l + h_l H_{т.з} \frac{a}{2})}{k_k} P_m (1 - a') \quad \Pi_m k_{т.з.}$$

Затраты на газы, сжатый воздух, технологическую воду

$$W_{г.в} = Q_{г.в} H_t \Pi_{г.в} k_{т.з},$$

где  $W_{г.в}$  — затраты на газы, сжатый воздух, технологическую воду, руб.;  $Q_{г.в}$  — расход газов, сжатого воздуха, технологической воды, м<sup>3</sup>/ч;  $H_t$  — трудоемкость процесса нанесения покрытия ( $H_t = m_m / \Pi_y$ ), чел.-ч,

где  $\Pi_y$  — производительность установки плазменного напыления, кг/ч;  $\Pi_{г.в}$  — оптовая цена газа, сжатого воздуха и технологической воды, руб/м<sup>3</sup>.

Отсюда

$$W_{г.в} = \frac{m_m}{\Pi_y} Q_{г.в} \Pi_{г.в} k_{т.з}.$$

Затраты на обезжиривание рассчитывают по формуле

$$W_m = \frac{m_{хим} g}{g_{общ}} \Pi_{хим} k_{т.з},$$

где  $m_{хим}$  — масса вещества, используемого для приготовления ванны обезжиривания, кг/ванну;  $g$  — масса одной обезжириваемой детали, кг;  $g_{общ}$  — общая масса деталей, которые можно обезжирить в растворе одной ванны, кг;  $\Pi_{хим}$  — цена вещества, руб/кг.

Затраты химических веществ, используемых для промывки обезжиренных деталей, рассчитывают по формуле

$$W_{хим} = \frac{m_{хим} H_t}{\Phi_p n_d} \Pi_{хим} k_{т.з},$$

где  $H_t$  — трудоемкость промывки одной детали, чел.-ч;  $\Phi_p$  — фонд рабочего времени в сутки, ч;  $n_d$  — количество изделий при разовой загрузке в ванну, шт.

Затраты на материалы, расходуемые на пескоструйную обработку, определяют по формуле

$$W_m = S H_m \Pi_m,$$

где  $S$  — площадь напыления, см<sup>2</sup>;  $H_m$  — норма расхода материала, используемого для пескоструйной обработки 1 см<sup>2</sup> напыляемой поверхности, кг/см<sup>2</sup>;  $\Pi_m$  — цена материала, употребляемого для пескоструйной обработки напыляемой поверхности, руб/кг.

Затраты на сжатый воздух, используемый в процессе пескоструйной обработки напыляемой поверхности, рассчитывают по формуле

$$W_v = Q_v H_t \Pi_v.$$

где  $Q_v$  — расход сжатого воздуха, м<sup>3</sup>/ч;  $H_t$  — трудоемкость песко-струйной обработки напыляемой поверхности, чел.-ч

$$H_t = S / S_t.$$

Здесь  $S$  — площадь напыляемой поверхности, см<sup>2</sup>;  $S_t$  — площадь поверхности, напыляемой в единицу времени, см<sup>2</sup>/ч;  $C_v$  — цена сжатого воздуха, руб/м<sup>3</sup>.

## Глава 4. ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ НА ПРОДУКЦИЮ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ СТИМУЛИРОВАНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

### 1. Обоснование уровня рентабельности и цен на продукцию порошковой металлургии

Установление и совершенствование системы оптовых цен на изделия из металлических порошков как продукцию новой техники предполагает разработку обоснованных норм рентабельности и величины прибыли, рассчитанных с учетом ценообразующих факторов. До создания новой системы цен на основную продукцию порошковой металлургии рентабельность рассчитывалась по отношению к себестоимости материалоемких изделий, что приводило к получению предприятием необоснованно завышенной массы прибыли. Ниже приведены данные о рентабельности, исчисленной к себестоимости, основных видов изделий из железного порошка по весовым группам (г) до ввода в действие преysкуранта оптовых цен, %:

	Легированные неметаллами	Легированные металлами
В среднем	12,6	68,6
< 2	160,0	29,7
2,1—5	15,2	192,3
5,1—10	45,3	145,1
10,1—20	29,4	81,6
20,1—40	29,6	49,4
40,1—80	22,0	70,1
80,1—150	21,4	67,0
150,1—300	9,2	72,1
300,1—500	18,4	40,9
500,1—800	—14,1	46,4
800,1—1200	—2,4	—
1200,1—1700	—	94,1

Рентабельность спеченных изделий на железной основе колебалась в очень широких пределах. Так, рентабельность изделий из железа, легированного неметаллами, массой до 2 г 160%, а от 5 до 150 г 21,4—45,3%. Наряду с этим имеются детали с рентабельностью значительно ниже допустимой, что нередко убыточно. Неупорядоченность рентабельности отдельных видов продукции приводила

к тому, что в сфере производства появились выгодные и невыгодные изделия.

Установление норматива рентабельности к себестоимости спеченных изделий на железной основе не соответствовало принципу равновыгодности трудовых затрат на производство изделий. Даже на специализированных заводах иногда невыгодно было производить изделия более высоких групп сложности или мелких весовых групп.

В условиях производства разнообразной номенклатуры спеченных изделий необходимо установить такие принципы ценообразования, в которых предприятию-изготовителю было бы одинаково выгодно изготавливать все изделия. Это даст возможность лучше удовлетворять потребность в разнообразной номенклатуре изделий. Предложенный для условий порошковой металлургии принцип равновыгодности трудовых затрат требует, чтобы равным затратам производства (за исключением стоимости основных и вспомогательных материалов) для освоенной серийной продукции соответствовала равная прибыль.

Существовавшая до ввода прејскуранта система образования прибыли не стимулировала в равной степени производство изделий всех весовых групп и всех групп сложности. При сложившемся положении по изделиям общемашиностроительного применения индексы прибыли не соответствовали индексам трудоемкости и стоимости обработки. Уровень рентабельности для одних групп изделий был явно завышенным, для других — заниженным.

По электроконтактам, изготавливаемым методом порошковой металлургии, рентабельность была стабильной. Изделия по весовым группам имеют примерно одинаковый уровень рентабельности. Это в значительной степени объясняется тем, что электроконтакты — высокоэффективная продукция, и цены на нее еще до ввода единого прејскуранта устанавливались частично с учетом экономического эффекта. Однако при сопоставлении индексов стоимости обработки контактов с индексами прибыли можно отметить отсутствие строгой закономерности в их изменении. Это связано с тем, что при расчете рентабельности спеченных электроконтактов, особенно на основе серебра и вольфрамомедных композиций, не учитывалась высокая материалоемкость этой продукции. Не принималось во внимание также то обстоятельство, что значительную долю в цене составляют результаты прошлого труда.

При распределении массы прибыли пропорционально себестоимости электроконтактов невозможно проследить, в какой степени затраты производства предприятия-изготовителя определяют прибыль конкретных изделий. В ряде случаев индекс трудоемкости изделия равен 8,9 базового, а индекс прибыли от того же изделия 41,0, т. е. прибыль завышена минимум в 4 раза. Таким образом, сложившаяся методика расчета прибыли и ее распределения пропорционально себестоимости изделий не способствовала стимулированию производства всего ассортимента спеченных изделий.

Предлагаемый принцип равновыгодности трудовых затрат в

производстве устранит указанные недостатки. Однако для вновь осваиваемой продукции и продукции с повышенными потребительскими свойствами этот принцип распределения прибыли должен действовать одновременно с другими положениями, о чем будет сказано ниже.

Расчет массы прибыли и определение норматива рентабельности на основные виды изделий порошковой металлургии проводятся применительно к условиям отрасли в соответствии с новой системой планирования и экономического стимулирования. Поэтому необходимо провести учет фондов как в порошковой металлургии в целом, так и в отдельных ее производствах. При этом важно определить, в какой мере фонды влияют на формирование цены на уровне отрасли, предприятия, отдельных видов изделий, в каком звене при определении массы прибыли и норматива рентабельности это влияние наибольшее, а где им можно пренебречь.

Для порошковой металлургии, как и для любой другой отрасли, учет фондов, а следовательно, и фондоемкости продукции имеет большое значение, так как позволяет увязать уровень оптовых цен с проблемами окупаемости капитальных вложений, соизмерить темпы роста производственных фондов с ростом объемов производства продукции. Совсем иначе выглядит эта проблема при учете фондов конкретного предприятия.

Учет фондов предприятия и их влияние на уровень цен в отрасли весьма ограничены, так как объем производственных фондов и степень их использования не оказывают непосредственного влияния на оптовые цены. Это объясняется тем, что общественно необходимые затраты связаны с индивидуальными затратами через отраслевую себестоимость и фондоемкость продукции. Кроме того, слишком значительны различия в условиях функционирования производственных фондов на каждом отдельном предприятии и их доля в производстве конкретного вида изделий. Еще менее связана фактическая фондоемкость отдельных спеченных изделий с уровнем оптовых цен. До сих пор, несмотря на многочисленные теоретические попытки обосновать эту связь, она не нашла своего конкретного выражения.

Одна из трудностей заключается в том, что фактическая средняя фондоемкость конкретного вида изделий (за исключением массовой продукции — большинства видов спеченных электроконтактов) не имеет практической ценности в силу специфики производства каждого вида продукции порошковой металлургии. Замена фактической фондоемкости какой-либо нормативной условной сведется к определению ее на основе различных условных допущений, что снизит ее значение.

Существо проблемы и основной аргумент в пользу учета в цехах конкретных видов продукции удельной фондоемкости заключается в необходимости обеспечения равновыгодности производства серийной продукции с равным уровнем приходящихся на нее производственных фондов.

Однако в перспективную схему прејскуранта основных оптовых цен на спеченные изделия не вписывается распределение прибыли между конкретными видами продукции только пропорционально удельной фондоемкости ввиду существенного различия в структуре и составе основных фондов и отсутствия строгой привязки изделий к видам оборудования. Такая возможность, как отмечалось выше, существует только для массовой продукции, но ее доля в общем объеме выпуска изделий из металлических порошков и тугоплавких соединений еще незначительна. Поэтому ставится задача установить методический подход расчета массы прибыли и порядка ее распределения по конкретным видам продукции. Основные принципы и модель расчета изложены ниже. Существует несколько видов распределения прибыли по конкретным изделиям: это исчисление рентабельности к себестоимости, фондам и себестоимости обработки изделий. Ввиду того, что производство спеченных изделий, особенно электроконтактов, характеризуется высокой долей прошлого труда, исчисление рентабельности и себестоимости не отражает истинных затрат на их производство и может стимулировать выпуск материалоёмкой продукции.

Применение второго метода распределения прибыли по видам изделий, как говорилось выше, также не дает положительных результатов и сопряжено с целым рядом трудностей. Расчет рентабельности большинства видов спеченных изделий к фондам практически неосуществим.

Исходя из этого, распределение прибыли на предприятиях порошковой металлургии целесообразно производить пропорционально расходам по переделу (себестоимости обработки). Применение этого принципа распределения прибыли обеспечивает для предприятия равновыгодность производства изделий.

С этой целью разработана методика расчета норматива рентабельности для продукции порошковой металлургии с соблюдением принципа равновыгодности при производстве изделий различной трудоемкости. Для этого рассчитаны коэффициенты соизмерения норм рентабельности по ряду агрегированных спеченных изделий (табл. 14). Однако нерешенным остается вопрос стимулирования производства новых изделий улучшенного качества.

Таблица 14. Коэффициент соизмерения норм рентабельности для спеченных изделий на железной основе (на 1000 штук изделий)

Группы сложности	Коэффициенты по весовым группам, г										
	<2,0	2-5	5-10	10-20	20-40	40-80	80-150	150-300	300-500	500-800	800-1300
I	1,0	1,7	2,5	2,9	3,3	7,0	12,0	20,0	32,0	57,0	120,0
II	1,0	1,1	1,2	1,4	1,8	2,5	3,5	5,0	6,5	8,5	11,0
III	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2

Коэффициент соизмерения норм рентабельности для спеченных электроконтактов (группы сложности I и II) приведен ниже:

Весовые группы, г	1-4	4-7,5	7,5-15	15-30	30-60	60-120	120-240	240-450	450-900
Коэффициент	1,0	1,1	2,0	2,7	3,8	5,0	6,5	7,8	9,5

Экономисты выдвигали положение, что критерием экономичности улучшения качества должно явиться следующее: прирост затрат, связанный с повышением качества, должен быть меньше прироста экономического эффекта от применения изделий с повышенным качеством. При этом возникает проблема установления пропорций в распределении эффекта от новой техники между производителем и потребителем, поскольку от ее решения зависит заинтересованность в развитии технического прогресса как производителя, так и потребителя. Это положение было отражено в Методике определения оптовых цен на новую продукцию производственно-технического назначения Госкомцена. На рис. 2 схематически показан учет экономических интересов при формировании цены на новое изделие.

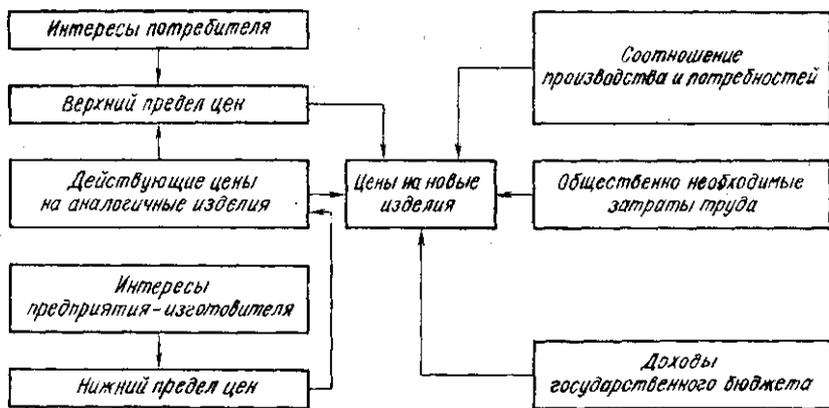


Рис. 2. Учет экономических интересов при формировании цены на новое изделие

Методикой рекомендуется делить эффект от новой техники таким образом, чтобы 30-50% его поступило через цену производителю, а остальная часть — потребителю и обществу. При этом дополнительная рентабельность продукции повышенного качества не может превышать половины норматива, установленного для данной группы изделий. Эта рекомендация не рассматривает экономический эффект как важный источник народнохозяйственных ресурсов, а исходит из использования всего или большей части экономического эффекта на хозяйственные нужды производителей и потребителей улучшенной продукции. Кроме того, при выделении производителю в цене 30% экономического эффекта дополнительная рентабельность изделий повышенного качества значительно превышает половину

установленного норматива. Еще большее превышение наблюдается при определении верхнего предела цены и выделении производителю 50% экономического эффекта. Ограничение дополнительной рентабельности производства изделий повышенного качества половиной норматива рентабельности значительно сокращает долю производителя в экономическом эффекте по сравнению с величиной, предусмотренной анализируемой рекомендацией (30—50%).

Для целого ряда изделий повышенного качества расчет не выявил возможности выделить производителю 30—50% экономического эффекта с ограничением дополнительной рентабельности половиной установленного норматива. Причина сложившегося положения, по мнению некоторых экономистов, — в несовершенстве рекомендуемых ограничений дополнительной прибыли у производителей. Присоединяясь к их мнению, автор предлагает уменьшить долю производителей в экономическом эффекте и тем самым повысить рентабельность изделий с улучшенными свойствами. По этому принципу для каждого вида изделий была построена шкала поощрительных прилат, предусматривающая, что с ростом экономической эффективности изделий из металлических порошков повышенного качества все большая часть экономического эффекта будет поощрять народнохозяйственные ресурсы в результате прогрессивно замедляющегося роста рентабельности продукции.

Для реализации указанного принципа необходимо определить нижнюю и верхнюю границы дополнительной рентабельности. Согласно расчету, проведенному на примере спеченных изделий общемашиностроительного назначения, этот уровень рентабельности достигается при следующем соотношении верхнего и нижнего пределов цены: 3,0 — для изделий из железного графита, легированного неметаллами; 3,6 — для изделий из железного графита, легированного металлами; 8,0 — для изделий из бронзового графита.

Нижняя граница рентабельности определена на том уровне, с которого начинается стимулирование изготовителя за производство изделий повышенного качества: отношение верхнего предела цены к нижнему равно 110—120%. В пределах рассчитанных границ дополнительной рентабельности построена шкала поощрительных надбавок. Поощрительные надбавки представлены в виде повышения нормативной рентабельности (в процентах), рассчитанного пропорционально росту экономической эффективности изделий. Границы интервалов определены с учетом величины эффективности изделий по загущающей кривой.

На основе использования принципа непосредственной зависимости рентабельности от уровня экономической эффективности изделий повышенного качества нами были разработаны шкалы определения надбавок к оптовым ценам для продукции порошковой металлургии. В табл. 15 приводится такая шкала для изделий общемашиностроительного назначения.

Шкалы надбавок рассчитаны дифференцированно по основным видам материалов, спеченных изделий. Объясняется это тем, что такие материалы определяют основные параметры и свойства

Таблица 15. Шкала расчета надбавок к оптовым ценам на спеченные изделия, %

Отношение верхнего предела цены к нижнему	Повышение нормативной рентабельности	Повышение нормативной рентабельности за каждый процент превышения верхнего предела цены над нижним в данном диапазоне эффективности
<i>Железографит, легированный неметаллами</i>		
100—110	—	—
111—120	20	1,000
121—130	30	1,000
131—140	40	1,000
141—150	50	1,000
151—170	60	0,500
171—200	70	0,333
201—250	80	0,200
251—300	90	0,200
301 и выше	100	0,200
<i>Железографит, легированный металлами</i>		
100—110	—	—
111—120	20	1,000
121—135	30	0,666
136—155	40	0,500
156—180	50	0,400
181—210	60	0,333
211—250	70	0,250
251—300	80	0,200
301—360	90	0,166
361 и выше	100	0,166
<i>Бронзографит</i>		
100—120	—	—
121—140	10	0,500
141—160	20	0,500
161—200	30	0,250
201—280	40	0,125
281—350	60	0,143
351—450	70	0,100
451—600	80	0,066
601—800	90	0,050
801 и выше	100	—

изделий, а внутри групп изменение соотношения верхнего и нижнего пределов цен носит специфический характер. Такое построение шкал даст возможность внутри установленной шкалой группы в равной степени стимулировать производство всех весовых групп и групп сложностей.

Верхний и нижний предел цены спеченного изделия устанавливается в соответствии с Методикой определения оптовых цен на продукцию производственно-технического назначения, утвержденной Государственным комитетом цен 26 апреля 1974 г. Основные

ее методические положения следующие. Изделия порошковой металлургии, как правило, не имеют самостоятельного применения, а являются комплектуемыми. Тогда:

1) в случае улучшения главных технико-экономических параметров основного комплектуемого изделия предел цены рассчитывается по формуле

$$Ц_{в.п} = Ц_б \frac{n_б \frac{1}{T_б} - E_n}{n_n \frac{1}{T_n} + E_n} + \frac{1}{\Delta K_n} \frac{I_б - I_n}{\frac{1}{T_{осн}} + E_n},$$

где  $Ц_б$  — цена базового комплектуемого изделия;  $n_б$ ,  $n_n$  — число одновременно используемых соответственно базовых и новых комплектуемых изделий в данном основном изделии;  $T_б$ ,  $T_n$  — сроки службы соответственно базового и нового комплектуемых изделий ( $T_n \leq T_{осн}$ );  $T_{осн}$  — срок службы основного изделия, в котором используется базовое и новое комплектуемое изделие (для комплектуемых изделий общепромышленного применения в качестве основного изделия выступает продукция, для комплектации которой используется преобладающая масса комплектуемых изделий);  $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности;  $I_б$ ,  $I_n$  — годовые эксплуатационные издержки основного изделия, при использовании в нем соответственно базовых и новых комплектуемых изделий (затраты на замену рассматриваемых комплектуемых изделий в  $I_б$  и  $I_n$  не включаются, так как они учитываются непосредственно);  $\Delta K_n$  — изменение капитальных затрат у потребителя в связи с использованием нового предмета труда (сырья, материала, полуфабриката);

2) в том случае, если производство и использование новых спеченных изделий не улучшает технико-экономических параметров комплектуемого изделия, а создает экономию материальных и трудовых ресурсов, верхний предел цены рассчитывается по формуле

$$Ц_{в.п} = Ц_б \frac{Y_б}{Y_n} + \frac{I_б - I_n}{Y_n} \pm \frac{E_n \Delta K_n}{Y_n},$$

где  $Y_б$ ,  $Y_n$  — удельные расходы соответственно базового и нового предмета труда на единицу продукции, выпускаемой потребителем.

Для того, чтобы увязать расчет верхнего предела цены с нормативно-параметрическими методами ценообразования и установленным объектом калькулирования — агрегированным изделием данного назначения, применяемым, как правило, в нескольких сферах потребления, рассчитывается агрегируемая величина годового экономического эффекта по уточненной формуле (по методике определения экономической эффективности новой техники от 14.02.1977 г)

$$\mathcal{E}_{эф} = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{эф} B / n_n,$$

где  $\Delta_{эф}$  — годового экономического эффект от производства и использования единицы новой техники, применяемой в  $i$ -й сфере потребления, руб.;  $V_i$  — часть выпуска новой техники в расчетном году, предназначенная для применения в  $i$ -й сфере потребления, натуральные единицы;  $n_{сф}$  — число сфер потребления новой техники;  $n_{из}$  — количество изделий, по которым произведен расчет экономического эффекта.

Определение средней нормативной величины экономического эффекта производства и использования агрегированного изделия будет способствовать более полному учету экономического эффекта в расчете оптовой цены спеченного изделия. Однако здесь возникает проблема информационного обеспечения расчетов нормативов экономического эффекта, связанная с действием закона средних величин и особенностью потребления спеченных изделий.

В расчете средней величины экономического эффекта, кроме фактических источников, должны быть учтены ожидаемые и потенциальные потребители продукции порошковой металлургии. Это отражено в методической схеме построения прейскуранта оптовых цен на основные изделия из металлических порошков. Возникает задача постоянного обследования предприятия с целью выявления изделий, которые можно было бы производить методом порошковой металлургии. Изучение потребности, ее технологическая и экономическая оценка являются самостоятельным этапом в ценообразовании на продукцию порошковой металлургии. Такая работа должна проводиться практически на всех предприятиях, потребляющих и планирующих потреблять изделия из металлических порошков и тугоплавких соединений.

Методика обследования и экономической оценки потребности приведена в гл. 3. В основе этой методики лежит сравнение технологий, технико-экономических параметров продукции, цен и выявление источников экономии. Эти сведения обобщаются и систематизируются, определяются соотношения и устанавливаются ряды удельных величин народнохозяйственного экономического эффекта. Таким путем, например, были получены нормативные величины народнохозяйственного экономического эффекта от производства и применения изделий конструкционного и антифрикционного назначения по каждому виду материала, группам сложности и массе изделий.

Изложенные выше принципы формирования социалистической модификации стоимости продукции порошковой металлургии отражает формула:

$$W = И + З (1 + Ч_d),$$

где  $Ч_d$  — норматив чистого дохода, состоящий из двух частей (одна формируется пропорционально стоимости передела, другая — в зависимости от эффективности применения новой продукции)

$$Ч_d = \frac{\sum H_i \cdot \varphi}{\sum W_i} + H_{эф.к} \cdot \frac{Ч_d}{Ч_0}$$

где  $H_{р.ф}$  — норматив рентабельности, исчисленный к стоимости

производственных фондов;  $\Sigma W_{\text{п}}$  — совокупная стоимость передела по всей продукции;  $W_{\text{эф.к}}$  — норматив эффективности, обеспечиваемой дополнительным качеством изделий;  $Ц_{\text{в}}$  и  $Ц_{\text{п}}$  — соответственно верхний и нижний пределы цены.

Поскольку в такой модификации стоимости текущие затраты живого и овеществленного труда, определяющие ее величину, корректируются с учетом общественной эффективности труда, их можно считать приведенными общественно необходимыми затратами труда. Цены, устанавливаемые в соответствии с приведенными общественно необходимыми затратами, обеспечат порошковой металлургии уровень рентабельности, достаточный для внесения платы за фонды, образования поощрительных фондов предприятий, а также позволят удовлетворить интересы общества

$$Ц_{\text{в}} = Ц_{\text{п}} + \Delta Э_{\text{эф}},$$

где  $\Delta Э_{\text{эф}}$  — часть экономического эффекта, остающаяся в резерве у общества после дополнительного стимулирования производителя и потребителя.

Пример расчета обоснования уровня рентабельности и размера прибыли в цене на спеченные изделия из металлических порошков приведен ниже, тыс. руб:

Среднегодовая стоимость активной части основных фондов	6000
Среднегодовая стоимость пассивной части основных производственных фондов	2500
Итого стоимость основных производственных фондов	8500
Среднегодовая стоимость нормируемых оборотных средств	1500
Итого стоимость производственных фондов	10000
Стоимость обработки товарной продукции	20000
В том числе заработная плата	876,0
Из нее:	
рабочих	750,9
ИТР и служащих	125,1
Из этой суммы премии	25,0
Прибыль	1231,6
В том числе плата за фонды	
сумма	720
% к производственным фондам	7,2
Фонд материального поощрения:	
сумма	85,3
% к фонду заработной платы	9,73
Фонд социально-культурных мероприятий:	
сумма	26,3
% к фонду заработной платы	3
Фонд развития производства за вычетом амортизационных средств:	
сумма	300
% к основным производственным фондам	3
Рентабельность, %:	
к производственным фондам	12,3
к стоимости обработки	6,2

Модель расчета прибыли по агрегированному изделию имеет следующий вид:

$$P_i = \frac{W_{об} k_{н.р}}{100} k_{н.р} \left( 1 + \frac{\Delta H_{р.к} \Delta H_{р.эф}}{100} \right),$$

где  $P_i$  — прибыль, включаемая в цену  $i$ -го изделия, руб./1000 шт.;  $W_{об}$  — стоимость обработки базового изделия, руб./1000 шт.;  $k_{н.р}$  — коэффициент соизмерения норматива рентабельности  $i$ -го изделия с базовым;  $\Delta H_{р.к}$  — повышение нормативной рентабельности за дополнительное качество изделий,  $\Delta H_{р.эф}$  — повышение нормативной рентабельности за каждый процент превышения верхнего предела цены над нижним в данном диапазоне эффективности, %;  $\Delta \Pi_n$  — превышение верхнего предела цены над нижним в данном диапазоне, %;  $k_n$  — отраслевой нормативный коэффициент, определяющий прибыль, % к затратам на обработку (см. табл. 15)

$$k_n = \frac{\Phi H_p}{\Sigma W_{об}} \quad \text{или} \quad k_n = \frac{\Sigma P_i}{\Sigma W_{об}}$$

где  $\Sigma P_i$  — масса прибыли (по изделиям данного вида в объеме отрасли), млн. руб.;  $\Phi$  — основные фонды отрасли, млн. руб.;  $H_p$  — отраслевой норматив рентабельности, рассчитанный как отношение прибыли к производственным фондам;  $\Sigma W_{об}$  — отраслевая совокупная стоимость обработки изделий данного вида, млн. руб.

Расчет прибыли агрегированного изделия для каждого конкретного случая

$$P_i = 4,0 \frac{6,2}{100} 2,5 \left( 1 + \frac{20 + 1,0 \cdot 2}{100} \right) = 0,76 \text{ руб./1000 шт.},$$

где 4,0 — стоимость обработки базового изделия, руб./100 шт.; 2,5 — коэффициент соизмерения для изделий I группы сложности средней массой 7,5 г (5,1—10) (табл. 1/4); 20 — превышение норматива рентабельности для изделия с соотношением верхнего и нижнего пределов цены, равным 120% (табл. 1/5); 1,0 — доплата к нормативу рентабельности за каждый процент превышения верхнего предела над нижним в диапазоне 120—130% (табл. 1/5); 2 — превышение верхнего предела цены над нижним в данном диапазоне, %

## 2. Метод построения прейскуранта цен на продукцию порошковой металлургии

Более 10 лет действует общесоюзный прейскурант «Оптовые цены на основные изделия из металлических порошков» № 25—02. До этого в стране действовало несколько ведомственных прейскурантов, не учитывающих специфики продукции порошковой металлургии. Их структура, номенклатура изделий и уровень цен не позволяли сравнивать и оценивать экономическую сущность и обоснованность цен. Такое построение цен не стимулировало повышения качества

продукции, не способствовало укреплению хозяйственного расчета, а также ограничивало масштабы производства продукции определенного ассортимента и качества, необходимой для развития технического прогресса в промышленности.

Разработчики системы цен на продукцию порошковой металлургии исходили из того, что должны быть унифицированы цены, приплаты и скидки, повышено значение прибыли в оценке эффективности работы цехов и предприятий порошковой металлургии, созданы условия для более широкого внедрения изделий из металлических порошков, разработана система технико-экономических показателей, увязывающих особенности производства и развития порошковой металлургии.

Очень важными требованиями при дальнейшем совершенствовании прейскуранта должны явиться максимальный охват номенклатуры выпускаемой продукции и простота пользования прейскурантом. Указанный прейскурант построен по универсальной схеме. Установленная в прейскуранте система нормативов позволяет определять цены на любые изделия общего и социального назначения.

Прейскурант охватывает изделия из порошков железа, цветных, драгоценных металлов, выпускаемых серийно и в массовом масштабе. Впервые этот прейскурант установил оптовые цены франко-вагон (станция) отправления едиными для всех предприятий различного ведомственного подчинения.

Оптовые цены на отдельные виды изделий установлены применительно к основным технико-экономическим характеристикам (параметрам). Вся продукция классифицирована на разделы, подразделы и группы, объединенные однородностью вида сырья (порошка) и технологией ее изготовления. Цены на каждую такую группу изделий построены в виде таблицы. В качестве примера можно привести уровень и соотношение оптовых цен на изделия конструкционного и антифрикционного назначения с расчетом цены (табл. 16). Такое построение прейскуранта позволяет большое количество выпускаемых изделий из металлических порошков свести в стройную систему, а также учесть в ценах особенности формирования и структуру затрат на производство разных спеченных изделий, определить круг затрат, включаемых в среднюю себестоимость по однородным группам продукции.

Оптовые цены в прейскуранте установлены в расчете на единицу массы спеченных изделий (а в дальнейшем при пересмотре прейскуранта — на 1000 шт. изделий) как основного измерителя всех технико-экономических характеристик разных изделий. Многообразие выпускаемых изделий, частота обновления номенклатуры не позволяют установить цены на штуку изделий в целом по отрасли. В отношении же однородной, повторяющейся номенклатуры изделий прейскурант предусматривает право министерств и ведомств устанавливать поштучные цены для подведомственных предприятий. При этом цены не должны превышать соответствующих цен прейскуранта № 25-02 за единицу массы изделий. В этих случаях цены прейску-

Таблица 16. Базовые оптовые цены на изделия из железного порошка, руб/т

Номер позиции	Масса изделий, г	Группы сложности изделий					
		простая		сложная		весьма сложная	
		I	II	I	II	I	II
1—1	<0,7	5825	5940	6170	6335	6630	7060
1—2	0,7—1,2	4615	4825	5000	5130	5725	6170
1—3	1,2—1,7	3945	4055	4195	4385	4735	5175
1—4	1,7—2,4	3445	3545	3675	3785	4120	4395
1—5	2,4—3,3	3050	3145	3260	3360	3570	3735
1—6	3,3—4,7	2585	2680	2785	2875	3040	3185
1—7	4,7—6,7	2190	2280	2390	2475	2620	2730
1—8	6,7—9,5	1850	1935	2045	2135	2345	2555
1—9	9,5—12,5	1615	1695	1800	1885	2180	2400
1—10	12,5—18,0	1440	1520	1625	1715	2035	2255
1—11	18,0—25,0	1345	1410	1530	1615	1895	2110
1—12	25,0—35,5	1275	1345	1450	1540	1780	1995
1—13	35,5—50,0	1210	1285	1385	1475	1685	1875
1—14	50,0—71,0	1145	1220	1320	1395	1595	1750
1—15	71,0—100,0	1080	1160	1265	1335	1500	1625
1—16	100,0—132,0	1025	1100	1210	1275	1410	1520
1—17	132,0—190,0	970	1045	1155	1220	1330	1410
1—18	190,0—265,0	910	990	1085	1160	1240	1300
1—19	265,0—375,0	850	925	1025	1085	1155	1190
1—20	375,0—530,0	805	870	960	1005	1070	1110
1—21	530,0—750,0	760	815	880	925	990	1035
1—22	750,0—1000,0	725	760	840	870	935	970
1—23	1000,0	705	735	780	825	880	925

Примечания: 1. По данной таблице рассчитываются цены на изделия всех марок из железного порошка, легированного металлами. При этом применяются доплаты за легирование металлами, указанными в табл. 15, и скидки.

2. Технологическая схема изготовления изделий — приготовление шихты, прессование, спекание, маслопропитка, контроль.

3. Цены взяты из прейскуранта 25-02.

4. В графе «Масса изделий» интервал включает верхний предел.

ранта выступают только в качестве верхнего предела поштучных цен, которые могут колебаться в широких пределах в зависимости от экономической эффективности той или иной продукции.

Кроме основных цен в прейскуранте применяется целая система приплат, компенсирующих влияние большого количества факторов на себестоимость и цены. Природа этих факторов и степень их влияния на уровень затрат были освещены выше. Это приплаты за повышенную плотность материала, которую можно получить двойным прессованием и спеканием; за высокий класс точности и чистоты поверхности изделий, получаемые с помощью калибровки; за дополнительное легирование и термическую обработку и т. п.

В табл. 17 приводятся данные о приплатах за уменьшение серийности (заказа) ниже минимального размера для спеченных изделий из порошков железа. При поставке изделий, размер заказа которых ниже 50 тыс. шт., прейскурантом предусмотрены дифферен-

Таблица 17. Приплаты за размер заказа ниже минимальной серийности (для изделий на основе железа)

Номер пози-ции	Масса детали, г	Приплаты, руб./т. за размер заказа, тыс. шт									
		<5	5,1-10	10,1-15	15,1-20	20,1-25	25,1-30	30,1-35	35,1-40	40,1-45	45,1-50
1-13	<2	2050	1700	1500	1250	1000	900	700	600	350	100
2-13	2,1-5	1800	1500	1250	1100	900	800	600	500	300	80
3-13	5,1-10	1350	1100	1000	800	700	600	500	400	220	70
4-13	10,1-20	1000	800	700	650	500	400	350	280	150	60
5-13	20,1-40	850	700	600	500	400	350	300	250	130	50
6-13	40,1-80	720	550	450	400	330	300	230	200	110	40
7-13	80,1-150	550	430	350	300	260	220	190	150	90	30
8-13	150,1-300	450	350	300	150	220	190	150	120	80	20
9-13	300,1-500	420	320	280	240	200	170	140	110	65	20
10-13	500,1-800	400	300	250	220	190	160	130	100	60	20
11-13	800,1-3000	350	280	240	200	170	150	120	90	50	20

пированные приплаты к ценам в зависимости от размера заказа и массы изделий, так как, по расчетам автора, уменьшение количества деталей против определенного уровня вызывает удорожание их производства за счет применения дополнительной оснастки и частой переналадки технологического процесса. Итак, формирование оптовых цен в прейскуранте построено по следующему принципу: сначала отражены основные показатели (вид сырья, масса и конструктивно-технологическая сложность изделия), а затем дополнительные показатели (приплаты), влияющие на себестоимость и уровень цен.

На базе всех произведенных расчетов оптовая цена Ц строится по следующей схеме:

$$Ц = Ц_m^n + \Theta_c + \Theta_n + \Theta_t + \Theta_{i_1} + \Theta_{i_2} + \Theta_m + \Theta_{cp},$$

где  $Ц_m^n$  — основная (табличная) цена на изделия  $n$ -й группы сложности и  $m$ -й весовой группы;  $\Theta_c$  — приплата за серийность заказа (производство);  $\Theta_n$  — приплата за повышенную плотность материала;  $\Theta_t$  — приплата за повышенный класс точности изделий;  $\Theta_{i_1}$  — приплата за 1% содержания легирующих элементов в материале (свыше 3%);  $\Theta_{i_2}$  — приплата за  $i$ -й вид термообработки;  $\Theta_m$  — приплата за механическую обработку изделий;  $\Theta_{cp}$  — сумма приплат за специальные виды работ, не предусмотренные прейскурантом.

Одной из особенностей построения прейскуранта № 25-02 является включение в него специально для целей ценообразования самостоятельного раздела «Классификатор марочного состава спеченных изделий с учетом их химического состава и физико-механических свойств». В соответствии с этим классификатором вся продукция в прейскуранте дифференцирована не только в зависимости от исходного сырья, а также по видам и маркам (железо, железографит, легированный неметаллами; железографит, легированный металлами; железо, пропитанное цветными металлами; бронзографит и т. п.).

**Факторы, определяющие потребительские свойства новых материалов в машиностроении в аспекте взаимозаменяемости**

Наименование основных материалов по служебному назначению	Области их применения	Условия эксплуатации	Свойства и основные преимущества по сравнению с традиционными материалами	Заменяемые материалы	Масса (размер), изделия, г	Технологическая сложность изготовления
1	2	3	4	5	6	7

*1. Порошковая металлургия*

I.1. Конструкционные спеченные материалы	Детали машин и приборов (шестерни, лопатки, заглушки, тройники, втулки, храповики, гайки, фланцы и др.)	1. Различные давления и скорости  2. Трение и скольжение  3. Ударные нагрузки  4. Различные условия смазки	1. Материалы, заменяющие по свойствам обычные стали, чугуны и цветные металлы  2. Высокая износостойкость, твердость, жаропрочность, коррозионная стойкость 3. Сокращение расхода материала на 50—60 % 4. Экономия живого труда 5. Высвобождение станочного парка и производственных площадей	Углеродистые легированные стали и чугуны и цветные металлы	0,7--1000 г и более	Простая, сложная и весьма сложная группы
--	---	--	--	--	---------------------	--

1.2. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы	Детали приборов, гальванометров, магнитометров, осциллографов, счетчиков, спидометров, реле, электродуговых трубок и других приборов и аппаратов, а также детали электрических машин	Различные давления и скорости в электрических машинах	<p>1. Среднее значение коэрцитивной силы, которое быстро увеличивается с введением в сплав ряда элементов</p> <p>2. По механической прочности спеченные магниты в 3—6 раз превосходят литые (за исключением бариевых)</p> <p>3. Магнитомягкие материалы обладают высокой начальной и максимальной магнитной проницаемостью и низкой коэрцитивной силой</p> <p>4. Сокращение потерь материала на 50—60%</p>	Литые магниты 0,3—530 г и более различного назначения Простая и сложная группы
1.3. Пористые проницаемые материалы	Очистка жидкостей и газов от пыли и окислов, ценных продуктов производства. Применяется в качестве диспергаторов, огнепреградителей, а также при пористом охлаждении в	1. Резкие перепады и высокие температуры 2. Агрессивная среда 3. Высокие давления	<p>1. Прочные в различных условиях эксплуатации</p> <p>2. Теплопроводные и электропроводные</p> <p>3. Удовлетворительная пластичность, высокая коррозионно- и окислительная</p>	<p>1. Элементы фильтрующие из порошков стали 40×34×60×100</p> <p>2. Изделия из порошков титана 2.1. 1,8—3600 г 2.2. 7,1—450 г</p> <p>3. Изделия из бронзовых порошков 2,36—236</p> <p>Простая и сложная группы</p>

1	2	3	4	5	6	7
	нефтяной, нефтегазоперерабатывающей промышленности; в химической и нефтяной промышленности — в устройствах, отделяющих влагу и масло от воздуха, а также в особо ответственных гидравлических системах		кость, высокая степень сопротивления давлению и высокая степень очистки			
1.4. Антифрикционные материалы	1. Детали узлов трения различных машин и механизмов	При ограниченной смазке 1. Повышенная нагрузка 2. Высокие скорости скольжения  3. Высокие температуры 4. Агрессивные и инертные жидкие и газовые среды 5. В вакууме	1. В 1,5—10 раз более высокая надежность и длительный срок службы 2. Экономия дорогостоящих материалов и сплавов 3. Экономия живого труда 4. Высвобождение станочного парка и производственных площадей	1. Подшипниковые сплавы из цветных металлов 2. Антифрикционные чугуны и стали 3. Подшипники качества	0,7—1000 г и больше	Простая, сложная и весьма сложная группы
1.5. Фрикционные материалы	Тормозные и передаточные узлы автомобилей, гусеничных машин,	1. Используются с принудительной смазкой и без нее 2. Коррозионная	1. Долговечность, надежность и эффективность	1. Литые 2. Асбофрикционные	20—600 г (без стального каркаса)	Простая группа

строительных механизмов, самолетов, станков, прессов и т. п.

среда, большая температура и трение

ных машин и механизмов

2. Высокий коэффициент трения, его стабильность  
3. Износостойкость и термостойкость обеих пар трения

**1.6. Электрические контакты**

Высоковольтные и низковольтные коммутирующие аппараты, электродокоммутирующие слаботочные приборы

Электроэнергия, давление, температура, нагрузка

1. Электроэрозийная и коррозионная стойкость, жаро- и износостойкость, контактное сопротивление, механическая прочность и пластичность

Литые: вольфрам, молибден, тантал, серебро, медь, золото, платина, палладий, материалы платиновой группы

1. На основе вольфрама (3—1000 г)  
2. На основе серебра (0,25—4 г)  
3. На основе меди (2—125 г)

1. Простая и сложная группы  
2. Простая и сложная и весьма сложная группы  
3. Простая и сложная группы

109

**1.7. Тугоплавкие соединения**

Тяжелые сплавы для изготовления защитных средств от проникающих соединений, всевозможных статических и динамических противовесов (деталей самолетов, роторов ги-

1. Большие радиоактивные излучения

2. Надежность и увеличение срока службы приборов  
3. Экономия цветных и драгоценных металлов

1. Высокая плотность, прочность, упругость, небольшое линейное расширение, электропроводность, стойкость к воздействию дуги

Вольфрам

1,2—5000 г

Простая, сложная и весьма сложная группы

1	2	3	4	5	6	7
	роскопов и др.), термокомпенсаторов в приборах, электродов сварочных машин, кокилей для литья под давлением					
	Тугоплавкие бескислородные соединения для термомоэлектродов термомпар	2. Агрессивная среда, высокие температуры сплавов	2. Работа в вакууме, окислительной, восстановительной и нейтральной средах при больших температурах расплава в контакте с агрессивными средами	1. Термомпары из сплавов 2. Тугоплавкие металлы		

### 2. Порошковые покрытия на изделия и детали

2.1. Износостойкие: антифрикционные	Детали дизелей и газотурбинных установок насосов, строительных и горных механизмов	1. Абразивный и эрозивный износ 2. Высокие скорости скольжения 3. Высокие температуры	1. Высокая надежность и длительный срок службы 2. Экономия металлов и сплавов 3. Экономия живого труда	1. Антифрикционные чугуны и стали 2. Антифрикционные материалы из порошков железного графита и бронзо-слезенным графита	1. Детали общего назначения, массой и размерами аналогичные литьм и графитом 2. Площадь нанесения равна трущейся поверхности	Сложная и весьма сложная группы
фрикционные	Нанесение покрытий на взаимодействующие поверхности тормозных и передаточных узлов	Особенно жесткие условия эксплуатации	1. Высокая надежность и длительный срок службы 2. Новая техника	1. Высокая надежность и длительный срок службы 2. Новая техника	Площадь нанесения равна трущейся поверхности	Простая и сложная группы

2.2. Стойкие (масло-, бензо- и эрозийностойкие)	<p>Двигатели внутреннего сгорания; камеры сгорания ракет; обтекатели реактивных снарядов; детали химической и пищевой аппаратуры; узлы паровых котлов, насосно-компрессорные турбины; аппаратура нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности; лопасти вентиляторов в парах кислот; детали конденсаторов холодильников и др.</p>	Жесткие условия в коррозионно-агрессивной атмосфере	<p>1. Надежность и длительный срок эксплуатации 2. Экономия цветных металлов 3. Другие выгоды экономии 4. Новая техника</p>	Легированные стали. Цветные металлы	Площадь напыления равна размерам контактирующих поверхностей	Сложная и весьма сложная группы
2.3. Коррозионностойкие	Автоклавы, пищевая аппаратура; защита от окисления титана, тантала, молибдена и тугоплавких соединений; защита благородных металлов от коррозии	Атмосферные условия, агрессивная и жирная среда	Увеличение срока службы и уникальные способы защиты от потерь благородных цветных и черных металлов	Аналогов нет	Площадь напыления равна размерам контактирующих поверхностей	Сложная и весьма сложная группы
2.4. Жаростойкие	Головки и сопла ракет, отражатели камеры сгорания ракет; лопатки газовых турбин; лодочки для спекания; литейное обо-					

**Сложная  
и весьма  
сложная  
группы**

1	2	3	4	5	6
	рудование; огнеупоры для сводов мартеновских печей; графитовые тигли для плавки плутония, рения и др.				
<b>2.3. Восстановительные</b>	Восстановление изношенных деталей тракторов, автомашин сельскохозяйственных и других машин	Условия повышенного износа		1. Экономия металла, материальных ресурсов на ремонте и других деталях	Колесчатые валы. До 50 кг шпиндели хлопкоуборочных машин; цилиндры, кольца и другие детали насосных частей
<b>3. Композиционные спеченные антифрикционные материалы на основе тугоплавких металлов и соединений</b>					
<b>3.1. Медь</b>	Торцевые уплотнения и детали, работающие в растворах солей;	1. Резкие перепады и высокие температуры	1. Увеличение срока службы	1. Увеличение срока службы	
<b>3.2. Вольфрам</b>	растворах солей; условиях гидробразивного износа, подшипники,	2. Тяжелые условия труда	2. Экономия затрат	2. Экономия затрат	
<b>3.3. Молибден, ниобий</b>	работающие при высоких температурах, размоленные шары, матрицы для прессования; уплотнения и под-	3. Различные давления и скорости	3. Экономия металла	3. Экономия металла	
		4. Повышенный износ	4. Экономия затрат	4. Экономия затрат	

3.4. Медь  
3.5. Железо

шпильки скольжения; быстрознашивающиеся детали и уплотнительные элементы, работающие при температуре выше 300 °С в коррозионноактивных средах; подшипники для тяжелых условий работы; детали, работающие при комнатной температуре без смазки

3.6. Композиционные свеченные антифрикционные материалы на основе алюминия

Пористые подшипники для сельскохозяйственных машин; подшипники для повышенных нагрузок; накладки пантографов; скользящие уплотнения; поршни двигателей внутреннего сгорания; износостойкие детали двигателей и компрессоров; подшипники, работающие со смазкой

3.7. Композиционные антифрикционные

Инструменты и конструкции деталей машин, работающих при высоких температурах

1. Повышенная температура  
2. Трение и скольжение  
3. Различные давления и скорости роста

1. Высокая надежность и длительность службы  
2. Экономия дорогостоящих металлов и сплавов  
3. Экономия живого труда

1. Повышенная температура  
2. Трение при высоких температурах

1. Высокая плотность, прочность, упругость, электропроводность

Продолжение прилож. I.

---

5

6

7

---

## Приложение 2

Относительные производственные затраты			Относительные производственные затраты, руб., при производстве партий размером, шт.				
стоимости эксплуатации оборудования	стоимость рабочей силы	стоимость материала, идущего в отходы					
			10	100	1000	10000	100000
7	8	9	10	11	12	13	14
0,4	0,9	0,6	0,1	0,1	0,2	0,6	0,6
0,9	0,4	0,4	0,9	0,6	0,4	0,2	0,1
0,4	0,6	0,6	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1
0,6	0,6	0,6	0,9	0,6	0,4	0,1	0,2

1	2	3	4
---	---	---	---

	материалы, упрочненные тугоплавкими металлами	в условиях трения	турах и агрессивных средах 3. При наличии вибрации
3.8.	Композиционные антифрикционные материалы на основе никеля	Узлы трения; подшипники для оборудования пищевой промышленности; уплотнения, подшипники, сопла; детали насосов, работающих в морской воде; детали турбин; втулки подшипников для работы при 500—1000 °С; подшипники для сухого трения и работы в вакууме	1. Повышенная температура 2. Коррозионная среда 3. Ограниченная смазка 4. Высокая скорость скольжения
			1. Высокая надежность и длительный срок службы 2. Экономия затратных частей

## Основные показатели конкурентоспособности технологии

Технологический процесс	Примечания	Характерный диапазон размеров и массы	Точность процесса (допуски на размеры, мм)	Чистота обработки, мкм	Количество деталей, обрабатываемых в 1 ч
1	2	3	4	5	6
Литье: в землю	Как правило, требуется последующая механическая обработка	Отливки массой меньше 0,5 кг до размеров, которые позволяет применять оборудование	1,5—3,17	6,25—50	1—20
под давлением	Для деталей сложных форм из цветных металлов и их сплавов	Отливки массой до 13,6 кг	0,05—0,25	0,4—3,12	20—300
центробежное	Для пустотелых деталей, имеющих большие размеры или удлиненную форму	Отливки массой до 453 кг длиной до 8,6 м	1,5—3,17	3,12—25	1—5
в кокили	Для деталей из алюминия, серого чугуна и медных сплавов	Отливки массой до 136 кг	0,25—0,76	0,8—6,25	10—100

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
в оболочковую форму	Дает высокую точность обработки и большую чистоту поверхности	Отливки массой до 90,7 кг в среднем 11 кг (с прорезями шириной до 0,05 мм)	0,127—0,38	0,8—6,25	10—75	0,6	0,7	0,6	0,9	0,4	0,2	0,1	0,2
по выплавляемым моделям	Для деталей сложных форм из твердых металлов, плохо поддающихся обработке	Отливки массой до 50 кг (в среднем < 5 кг)	-0,076—0,127	0,4—6,25	100	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,2	0,1	0,4
фасонное	Для деталей из алюминия, серого чугуна и медных сплавов	Отливки массой до 6,8 кг	0,127—0,38	0,8—3,12	5—10	0,5	0,7	0,6	0,6	0,4	0,1	0,1	0,1
Горячая штамповка	Для стальных деталей, работающих под большой нагрузкой, увеличивает прочность стали	Штамповка массой до 500 кг	0,203—3,175	3,12—12,5	10—500	0,9	0,6	0,4	0,6	0,6	0,4	0,1	0,1
Порошковая металлургия	Для деталей диаметром < 100 мм	Детали массой < 0,5 кг и длиной до 20 мм	0,025—0,127	0,8—1,57	100—6000	0,9	0,4	0,1	0,7	0,6	0,5	0,1	0,1
Ударный экструзионный процесс	Для деталей из алюминия, цинка, меди и некоторых деталей из стали	Детали массой < 0,5 кг с толщиной стенки до 0,1 мм	0,9127—0,005	0,2—6,26	500—7200	0,7	0,4	0,5	0,9	0,6	0,4	0,2	0,1
Непрерывное экструдирование	Для деталей, имеющих в поперечном сечении сплошную форму	Детали diam. до 30,5 см	0,076—0,508	1,57—3,12	0,6—213	0,5	0,1	0,2	0,6	0,5	0,4	0,2	0,1

Горячая прокатка	Для деталей, имеющих длинную и узкую форму (требуется последующая механическая обработка)	Детали длиной от 38 до 1005 мм с площадью поперечного сечения до 148 см <sup>2</sup>	0,396—2,38	3,12—6,25	1000—3000	0,9	0,6	0,4	0,9	0,8	0,8	0,1	0,1
Горячая высадка	Для небольших деталей сложной формы (требуется обработка молотком)	Детали diam. 1,58—254 мм и длиной до 203 мм	0,076—0,79	3,12—6,25	2500	0,5	0,4	0,1	0,9	0,4	0,4	0,1	0,1
Ротационное обжатие	Для деталей симметричной формы	Диаметр прутков 1,58—101 мм, груб — до 177 мм	0,025—0,254	0,375—3,12	100—400	0,4	0,6	0,1	0,7	0,6	0,5	0,2	0,1
Холодная высадка	В массовом производстве для улучшения структуры металла (дает высокую точность обработки)	Детали diam. 0,5—25,4 мм и длиной до 228 мм	0,051 и менее	0,4—1,57	2000—20000	0,5	0,1	0,1	0,9	0,6	0,6	0,4	0,1
Обработка на вертикальном токарно-расточном станке	Для деталей больших размеров, изготавливаемых в небольших количествах	Диаметр стола 101—1,8 мм	0,025—0,38	3,12—6,25	1—10	0,4	0,6	0,8	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5
Обработка на токарно-револьверном станке	Грубая машинная обработка для деталей мелко- и среднего серийного производства	Детали diam. 12,7—900 мм и 2,4 м	2,54—0,38	3,12—6,25	1—20	0,2	0,6	0,8	0,1	0,1	0,2	0,5	0,7

1.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Обработка на винторезном автомате	Для массового производства медких деталей	Детали диам. 15,8--50,8 мм	0,0127--0,076	1,57--3,12	20--100	0,6	0,1	0,8	0,9	0,8	0,2	0,1	0,1
Обработка на винторезных станках	Для небольших деталей, для которых требуется большая чистота и высокая точность	Детали диам. 0,8--12,7 мм	0,0051--0,025	0,8--3,12	30--300	0,6	0,1	0,8	0,9	0,8	0,2	0,1	0,1
Обработка на шлифовальном станке	Для массового производства деталей, обрабатываемых с большой точностью	Детали диам. 1,58--406 мм и длиной до 203 см	0,0025 и менее	0,2 0,8	20--1200	0,2	0,4	0,6	0,8	0,2	0,2	0,1	0,1

**Основная номенклатура взаимозаменяемых традиционных, прогрессивных и новых материалов в машиностроении и металлообработке**

**1. Замена проката черных металлов.**

- 1.1. Углеродистой стали на прокат улучшенного качества и экономичных профилей.
- 1.2. Углеродистой стали на прокат из низколегированной стали.
- 1.3. Обычного проката на термически упроченный прокат.
- 1.4. Обычного проката на нормализованный.
- 1.5. Горячекатаной стали на холоднокатаную листовую сталь.
- 1.6. Листового проката на прокат в рулонах.
- 1.7. Сортового проката на профили поперечной и продольной прокатки.
- 1.8. Сортового проката на прокат новых фасонных профилей отраслевого назначения.
- 1.9. Обычного проката на прокат стали, обработанной синтетическими шлаками.
- 1.10. Горячекатаной стали на холоднокатаную электротехническую сталь.
- 1.11. Готового проката черных металлов на изделия дальнейшего передела.

**2. Замена сортового и листового проката.**

- 2.1. Сортового проката на гнутые профили.
- 2.2. Сортового проката на сортовую холоднокатаную сталь.
- 2.3. Листового проката на рифленый лист.
- 2.4. Сортового проката, расходуемого на изготовление изделий, на крепежные изделия, изготавливаемые предприятиями.
- 2.5. Деталей из сортового проката на сварные детали из листового проката.

**3. Применение заменителей проката черных металлов**

- 3.1. Черных металлов на пластмассы.
- 3.2. Биметаллов, металлопластов на комбинированные материалы.
- 3.3. Черных металлов на спеченные изделия.
- 3.4. Черных металлов на высокопрочный чугун.
- 3.5. Черных металлов на стальные трубы.
- 3.6. Черных металлов на алюминиевый прокат.
- 3.7. Черных металлов на магниевые, алюминиевые и другие легкие сплавы.
- 3.8. Черных металлов на древесные пластинки.
- 3.9. Черных металлов на каменное литье.
- 3.10. На точное литье черных металлов.
- 3.11. На литые заготовки, получаемые методом непрерывной разливки стали.
- 3.12. Черных металлов на железобетон.
- 3.13. Стали обыкновенной на синтетические смолы и пластмассы.
- 3.14. Стали нержавеющей на синтетические смолы и пластмассы.
- 3.15. Чугуна на синтетические смолы и пластмассы.
- 3.16. Алюминия на синтетические смолы и пластмассы.
- 3.17. Цинка на синтетические смолы и пластмассы.
- 3.18. Меди на синтетические смолы и пластмассы.
- 3.19. Замена свинца на пластмассы.
- 3.20. Бронзы на синтетические смолы и пластмассы.

**4. Замена традиционных прогрессивных материалов на спеченные.**

- 4.1. Замена бронзы, баббитов, латуни, закаленной стали на сульфидированные железорафиты высоколегированные.
- 4.2. Чугуна, латуни, бронзы на железо.
- 4.3. Металлографитового материала на пластмассы, текстолит, энгемит, пластографит, углеграфит.
- 4.4. Стали закаленной, высоколегированной стали и сплавов на сульфидированные материалы, на основе нержавеющей сталей подшипникового назначения.

4.5. Стали обыкновенного качества, углеродистой качественной конструкционной стали на материалы на основе железа.

4.6. Углеродистой качественной конструкционной стали, стали конструкционной автоматной на железоуглеродистые материалы.

4.7. Углеродистой и легированной конструкционной стали на железоуглеродистые материалы.

4.8. Углеродистой качественной конструкционной стали на железоуглеродистые материалы, легированные медью.

4.9. Углеродистой качественной конструкционной стали Ст7, а также 20, 30, 40, 45, 50 на железоуглеродистые материалы, легированные медью.

4.10. Качественной углеродистой и легированной конструкционной стали (20, 30, 40, 45, 50; 20X, 30X, 35X, 40X, 45X, 50X) на железоуглеродистые материалы, легированные медью и никелем.

4.11. Низколегированной конструкционной стали (15X, 20X, 30X, 35X, 40X, 45X, 50X, 15XF, 20XB, 40XB, 20XM, 30H, 15HM, 15Г, 20Г) на материалы на основе железа, пронищенные цветными металлами и сплавами.

4.12. Стали 40X на железоуглеродистые материалы, легированные хромом, марганцем, никелем, молибденом.

4.13. Стали 40Г2 на железоуглеродистые материалы, легированные хромом, марганцем, никелем, молибденом.

4.14. Конструкционной легированной стали на железоуглеродистые материалы.

## Приложение 4

### Классификация конструкционных и антифрикционных изделий по группам сложности

#### *Простая группа*

Изделия цилиндрической формы с фасками или без них с центральным круглым отверстием или без него, ограниченные параллельными или почти параллельными плоскостями, имеющие отношение высоты  $h$  изделий к минимальной толщине стенки  $b$  не более 8, или отношение диаметра  $D$  к минимальной толщине стенки  $b$  не более 9 ( $h/b \leq 8$ ;  $D/b \leq 9$ );

1) без переходов по высоте;

2) имеющие один переход по высоте, формируемый в матрице втулки буртом, с фасками или без них;

3) имеющие углубления или выступы высотой не более 20% от общей высоты и позволяющие их формирование одним пуансоном.

I подгруппа: изделия, описанные в общей характеристике и в подразделе 1\*.

II подгруппа: изделия, описанные в общей характеристике и в подразделах 2 и 3.

#### *Сложная группа*

1. Изделия, ограниченные параллельными или почти параллельными плоскостями, одним переходом по высоте или без него, формируемым отдельным пуансоном; изделия с отверстиями различных конфигураций, формирование которых не требует применения сложной оснастки, а также изделия, имеющие в плоскости, перпендикулярной направлению прессования, одну из следующих конфигураций:

а) правильную цилиндрическую с отверстиями сложной конфигурации;

б) правильную прямоугольную, квадратную или многогранную;

в) неправильную многогранную;

г) сложную криволинейную;

д) сочетание сложной криволинейной формы с цилиндрической или многогранной.

\* Классификатора преискуранта 25-02.

2. Изделия, имеющие конусные, сферические и другие криволинейные поверхности, формование которых не требует применения сложной оснастки, и не имеющие переходов по высоте.

3. Изделия простой формы, описание которых дается в простой группе, но с отношением высоты  $h$  к минимальной толщине стенки  $b$  более 8, и с отношением диаметра  $D$  к минимальной толщине стенки  $b$  больше 9 ( $h/b > 8$ ;  $D/b > 9$ ).

Изделия цилиндрической формы, ограниченные параллельными или почти параллельными плоскостями, с несколькими переходами по высоте, допускающими их формование одним пуансоном, и имеющие отверстия различных конфигураций, формование которых не требует применения сложной оснастки.

Примечание. Для изделий, описанных в подразделах 1, 2 и 4, отношение высоты  $h$  к минимальной толщине стенки  $b$  должно быть не более 8, или отношение диаметра  $D$  к минимальной толщине стенки  $b$ , или отношение другого поперечного сечения к минимальной толщине стенки  $b$  этого сечения не более 9 ( $h/b \leq 8$ ;  $D/b \leq 9$ ).

I подгруппа: изделия, описанные в подразделе 1, без переходов по высоте и изделия, описанные в подразделах 2 и 3.

II подгруппа: изделия, описанные в подразделе 1, с одним переходом по высоте, формируемым отдельным пуансоном, и изделия, описанные в подразделе 4. *Весьма сложная группа*

1. Изделия цилиндрической, прямоугольной, квадратной или многогранной формы, имеющие один (посередине), два или более переходов по высоте, формование которых осуществляется отдельными пуансонами.

2. Зубчатые колеса без ступиц.

3. Изделия, ограниченные конусными, сферическими и другими криволинейными поверхностями, формование которых не требует применения сложной оснастки, имеющие один (посередине), два или более переходов по высоте, формование которых осуществляется отдельными пуансонами.

4. Изделия, конфигурация которых описана в сложной группе, но с отношением высоты  $h$  к минимальной толщине стенки  $b$  больше 8; с отношением диаметра  $D$  к минимальной толщине стенки  $b$  или с отношением другого поперечного сечения к минимальной толщине  $b$  этого сечения более 9 ( $h/b > 8$ ;  $D/b > 9$ ).

5. Зубчатые колеса со ступицами.

6. Изделия, ограниченные конусными, сферическими и другими криволинейными поверхностями, формование которых требует применения сложной оснастки, имеющие, кроме того, один (посередине), два или более переходов по высоте, формование которых осуществляется отдельными пуансонами.

I подгруппа: изделия, описанные в подразделах 1, 2, 3 и 4.

II подгруппа: изделия, описанные в подразделах 5 и 6.

Примечания: 1. Изделия с количеством отверстий от 2 до 4 относятся на одну группу выше.

2. Изделия с количеством отверстий более 4 относятся к весьма сложной группе.

## Библиографический список

- Дьяченко И. М. Эффективность развития порошковой металлургии. — М.: Металлургия, 1979. — 52 с.
- Лелюх И. М. // Порошковая металлургия. 1986. № 4. С. 6—9.
- Научные основы планового ценообразования / Под ред. чл.-корр. АН СССР В. П. Дьяченко. — М.: Наука, 1968. — 326 с.
- Францевич И. И., Дьяченко И. М. // Экономика Советской Украины. 1973. № 2. С. 1—6.
- Чепланов В. И. Ценообразование в черной металлургии. — М.: Металлургия, 1971. — 250 с.
- Чирков В. Г. Расчеты экономического эффекта новой техники: Киев: Техника, 1984. — 182 с.

## Иван Михайлович ДЬЯЧЕНКО ЭКОНОМИКА ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

Редактор Л. М. Цесарская  
Художественный редактор Ю. И. Смурыгин  
Технический редактор Т. С. Кох  
Корректор В. А. Поткина

Слано в набор 7.02.89. Подписано в печать 12.03.90.  
Ф 603076. Формат бумаги 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная № 2.  
Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,5.  
Усл. кр.-отт. 9,75. Уч.-изд. л. 11,02. Тираж 4100 экз.  
Заказ № 3029. Цена 55 к. Изд. № 1735.

ИБ № 3485

Орден Трудового Красного Знамени издательство «Металлургия»,  
Челябинское отделение, 454000, г. Челябинск, ул. Красноармейская, 166.  
Типография издательства «Челябинский рабочий», 454080, г. Челябинск,  
Свердловский проспект, 60.