

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка

*Посвящается 65-летию АДИ ДонНТУ*

**Б. В. Намаконов, Э. Л. Мельников**

**РЕНОВАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Монография

Донецк  
2024

УДК 621:502.1  
ББК 30.604+28.081.4  
Н-24

Рекомендовано к печати Ученым советом  
Автомобильно-дорожного института  
(филиала) ДонНТУ в г. Горловка  
(протокол № 6 от 25.03.2024 г.)

**Рецензенты:**

Вовк Леонид Петрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Математическое моделирование» Автомобильно-дорожного института (филиала) ДонНТУ в г. Горловка;

Лялякин Валентин Павлович – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки, главный научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва.

**Авторы:**

Намаконов Борис Васильевич – кандидат технических наук, доцент Автомобильно-дорожного института (филиала) ДонНТУ в г. Горловка, член-корреспондент Академии проблем качества Российской Федерации;

Мельников Эдуард Леонидович – доктор технических наук, профессор кафедры МТ13 «Технология обработки материалов» МГТУ им. Н. Э. Баумана, вице-президент Академии проблем качества Российской Федерации.

**Намаконов, Б. В.**

**Н-24 Реновационно-экологическая концепция промышленного производства** : монография / Б. В. Намаконов, Э. Л. Мельников ; ФГБОУВО «ДонНТУ». – Донецк : ДонНТУ, 2024. – 107 с.

Рассмотрены вопросы формирования экологичности технических изделий на всех этапах их жизненного цикла. Показана высокая экологическая и технико-экономическая эффективность реновации отработанных изделий, позволяющая на данном этапе их жизненного цикла сохранить свыше 95 % ранее затраченных ресурсов и в десятки раз снизить загрязнение окружающей среды. Учитывая ежегодное списание порядка 10 % различных сложных технических изделий и 100 % одноразовых, массовая реновация позволит сократить более чем на 10 % мировую добычу невозобновляемых природных ресурсов и общее загрязнение окружающей среды.

Монография предназначена для специалистов всех уровней, занимающихся вопросами исследования, проектирования, конструирования, изготовления и использования технических изделий. Материал рекомендуется как эколого-реновационный раздел к литературе по изучению технических дисциплин.

УДК 621:502.1  
ББК 30.604+28.081.4

© Намаконов Б. В., 2024  
© Мельников Э. Л., 2024  
© ДонНТУ, 2024

## ВВЕДЕНИЕ

Экологическая обстановка, которая возникла в мире, ставит перед человечеством задачи – превратить экономию ресурсов и экономный принцип хозяйствования в основной источник обеспечения прироста потребностей человечества в топливе, сырье и материалах. В современных условиях надвигающейся природной катастрофы экологизация общества в направлении биосферосовместимости промышленных, потребительских и природных процессов должна превалировать во всех сферах деятельности человечества. Новые технологические процессы могут считаться прогрессивными и эффективными только в том случае, если с увеличением выпуска продукции, повышением его качества и других показателей обеспечивается максимальное ресурсосбережение и достигается сокращение загрязнений внешней среды.

В настоящее время приоритетным направлением деятельности человечества должно быть экологическое, даже в ущерб некоторым потребительским качествам изделий. Для решения этой проблемы уже сейчас нужны конкретные практические шаги по снижению загрязнений окружающей среды хотя бы в несколько раз. Сегодня новизна, прогрессивность, наукоемкость, технико-экономические и другие показатели всех сфер деятельности человека приоритетно должны ограничиваться экологической чистотой изделий в их производстве и использовании. В современных условиях это может быть достигнуто путем значительного увеличения ресурса новых изделий триботехническими и эксплуатационными методами, снижением материало- и энергоемкости выпускаемой продукции, рециклингом отработанных изделий.

Одним из основных путей снижения загрязнений окружающей среды (ЗОС), материало- и энергоемкости промышленной продукции является экологически эффективное использование вторичных материальных ресурсов, которые неизбежно получают как в сфере материального производства, так и в сфере потребления. То есть речь идет о создании замкнутых ресурсосберегающих технологических структур на базе рециркуляции материальных и энергетических потоков сырья, продукции и отходов. Процесс круговорота веществ в природе – один из естественных механизмов их возобновления и сохранения. Например, именно благодаря круговороту воды мы имеем неисчерпаемые ее запасы.

Если искусственно использовать круговые циклы для различных минеральных веществ, то уменьшится или отпадет необходимость в их добыче и обработке. Достаточно будет того количества, которое уже находится в сфере промышленного и хозяйственного использования. Речь идет о переходе к технологическим системам, которые используют существующую промышленную инфраструктуру и дают максимальный ресурсный, энергосберегающий и природоохранный эффект при минимальных инвестициях.

Экологичность промышленного производства определяется уровнем развития экономики государства, топливно-энергетической отрасли, социально-экологической сферы, системой использования промышленной продукции, государственными и межгосударственными актами. В этом направлении реализация реновационно-экологической концепции промышленного производства представляется первоочередным и наиболее эффективным решением.

В предлагаемой работе рассматриваются вопросы экологичности технической продукции и реальная практическая возможность значительного сокращения добычи природных ресурсов и загрязнения окружающей среды за счет реновации технических изделий, отслуживших свой регламентный срок.

## **1 ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПЛАНЕТЫ**

Современное общество, замороженное сегодняшним обогащением и благами, бесконтрольно и прогрессивно наращивает выпуск различной техники и интенсивно поглощает невозобновляемые ресурсы планеты, получая при этом огромное количество загрязнений. Начиная с XX века, средняя температура воздуха выросла на 0,74 °С. Причем каждые 10 лет температура становится все выше. Последние научные исследования в этой области свидетельствуют о том, что уже сейчас Земля испытывает глобальное «парниковое» потепление, что стабилизация климата на планете зависит от снижения выбросов углерода в три раза сейчас, а в 2030 году – до 1/8 объема углерода, приходящегося на одного жителя Европы в настоящее время [39].

С 1950 года концентрация углекислого газа в атмосфере растет в десятки раз быстрее, чем в обозримом прошлом. Если самое большое повышение концентрации газа – на 30 ppm (части на миллион) – раньше занимало 1 тыс. лет, то сейчас этот показатель вырос

на такое же значение всего за 17 лет. По данным 22-й Конференции ООН по климату (COP27) сезонный минимум CO<sub>2</sub> не снизился ниже 400 ppm – это произошло впервые за всю историю человечества! Каждый последующий год был объявлен самым жарким за всю историю наблюдений, что мы и наблюдаем в настоящее время.

В 2015 году в рамках ООН было принято Парижское соглашение по климату, в котором провозглашена цель сократить выбросы парниковых газов и не допустить превышения глобальной средне-годовой температуры на планете к 2100 году более чем на 2 °С. Тем не менее реальные объемы парниковых газов в атмосфере Земли превышают ранее установленные по крайней мере в четыре раза.

В XX веке температура планеты увеличилась больше чем за предыдущие 1000 лет. Концентрация CO<sub>2</sub> в атмосфере Земли уже достигла той точки, после которой начнутся катастрофические изменения климата, даже если в ближайшее десятилетие удастся снизить количество углекислоты.

Десять наиболее финансово значимых природных катастроф 2021 года нанесли ущерб на общую сумму более 170 млрд долларов, что примерно на 20 млрд долларов больше, чем годом ранее. Увеличение общей суммы ущерба на 13 % отражает последствия антропогенного изменения климата.

Беспокойство вселяют прогрессирующие экстремальные погодные явления: в одних регионах отмечается повышенная засушливость, а в других набирают интенсивность ураганы. Климатологи подчеркивают, что серия невероятно экстремальных погодных явлений по всему миру, включая пожары, которые бушуют летом и наносят ущерб многим странам, лишь начало серьезных последствий изменения климата. И если решительно не ограничить антропогенное воздействие на природу, в будущем нас ждет еще больше экстремальных погодных явлений.

Постоянное потепление на больших участках суши и океана привело к тому, что 2018 год стал четвертым самым жарким за всю историю метеонаблюдений говорится в отчете NASA и Национального управления океанических и атмосферных исследований (NOAA). В июле 2018 года было побито 118 рекордов по жаре [46]. В глобальном масштабе 18 из последних 20 лет были рекордными в плане высоких температур.

На климатическом саммите COP26 в Глазго (ноябрь 2021 года) было заявлено, что изменение климата – это вызов всей нашей жизни, это угроза самому существованию человечества. С каждым

днем промедления стоимость бездействия возрастает. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) при ООН опубликовала новый доклад, в котором предупредила о том, что многие климатические изменения необратимы. По мнению ученых, ситуация ухудшается быстрее, чем можно было предполагать. По их прогнозам, температура воздуха к 2040 году может вырасти на 1,5 градуса, к 2060 году на 2 градуса.

Всемирная метеорологическая организация сообщила о том, что 2023 год был самым жарким годом для человечества за всю историю наблюдений, а глобальные температуры могут достигнуть рекордно высоких уровней в течение следующих пяти лет. Этому будут способствовать естественный и антропогенный фактор. Было побито много ужасающих рекордов, мы расплачиваемся жизнями и источниками существования людей. Согласно научным данным, у нас есть около шести лет, прежде чем мы исчерпаем способность планеты справляться с нашими выбросами. Это несет за собой новые серьезные угрозы для мира.

Ограничить рост температуры на планете до 1,5 °C и добиться нулевого уровня выбросов к 2050 году в очередной раз призывает 28-я Конференция сторон Рамочной конвенции ООН по изменению климата (COP28, декабрь 2023 года). В докладе ООН абсолютно все эксперты говорят, что последние десять лет на Земле были самыми жаркими в истории наблюдений, а 2022 год эту тенденцию продолжил [17].

ООН предупреждает, что к 2060 году мировая добыча ресурсов может вырасти на 60 %, что потенциально создаст проблемы для экологии и экономического развития. Добыча и переработка ресурсов составляют более 60 % выбросов, вызывающих изменение климата и повреждение экосистемы. В своем докладе «Глобальный прогноз ресурсов на 2024 год» Международная группа по окружающей среде при программе ООН указала на колоссальное расширение инфраструктуры, увеличение спроса на энергию за последние 50 лет, особенно в богатых странах. Согласно докладу, потребность в природных ресурсах утроилась и продолжает расти со средней скоростью более 2,3 % в год. Люди в богатых странах вносят значительный вклад в эту трагическую историю, так как в десять раз большее воздействуют на климат по сравнению с жителями бедных стран. Текущая тенденция приведет к серьезному превышению температурных пределов, установленных в Парижском соглашении 2015 года.

Уровень использования ресурсов, который мы наблюдаем, неприемлем для нашей планеты, но природные ресурсы все равно потребуются для изменения этой ситуации. Без радикальных изменений эксплуатация ресурсов Земли будет продолжаться, а компьютерное моделирование предполагает увеличение этой эксплуатации почти на 60 % к 2060 году по сравнению с уровнем 2020 года: со 100 до 160 миллиардов тонн в год.

«Единственный выбор – стабилизировать и сбалансировать наши взаимоотношения с природой», – говорится в докладе. «Слабая, частичная, фрагментированная или медленная политика не работает. Нужны далеко идущие и системные изменения в добыче и переработке природных ресурсов, реализованные в масштабах и с такой скоростью, которая ранее не была достигнута» [47]. В этом направлении реализация реновационно-экологической концепции промышленного производства представляется наиболее приоритетной.

Климатологи прогнозируют, что с текущим уровнем выбросов средняя температура на Земле повысится на 2 °С примерно к 2046 году. Новый температурный рекорд свидетельствует о том, что планета продолжает нагреваться быстро, подчеркивая необходимость принятия срочных мер для сокращения ЗОС. Последствия изменений климата могут поставить под вопрос само существование *homo sapiens* [13].

## **2 ПРИЧИНЫ И ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Повышение температуры на Земле в последнее столетие напрямую связано с деятельностью человека. Существуют различные мнения, но учеными всего мира однозначно доказано, что антропогенная деятельность более чем на 90 % является причиной глобального потепления. Человечество интенсивно потребляет невозобновляемые природные ресурсы и в огромном количестве сжигает ископаемое топливо. Это приводит к общему прогрессивному загрязнению окружающей среды, увеличению выбросов в атмосферу оксидов углерода, азота, серы, других соединений и, в конечном итоге, к повышению температуры планеты.

Все причины загрязнения окружающей среды можно классифицировать на естественные, являющиеся результатом функциони-

рования нашей среды обитания, и искусственные, созданные в результате разрушающей жизнедеятельности человечества. Перечисление и анализ всех причин не имеет смысла, поскольку эта проблема многократно освещена в специальной и популярной литературе. Отметим, что естественные причины регулируются функционированием самой системы, а искусственные, созданные человеком, настолько глубоко пронизали нашу среду обитания, что их полное устранение сегодня уже не представляется возможным [36].

Главная причина экологического и других кризисов – это порочная природа человека, что неоднократно констатировали великие ученые, философы, писатели. Все остальные причины (промышленные, конструкторские, технологические, ресурсные, материальные, экономические, демографические и др.) кардинально могут быть устранены только после урегулирования социальных взаимоотношений. Пока общество, от рядового обывателя до государственных и научно-технических деятелей, этого не поймет и не примет соответствующие жесткие меры, неотвратимость приближающегося экологического коллапса неизбежна.

## **2.1 Порочная природа человека – главная причина экологических и социальных катаклизмов**

Человек в созданной им искусственной среде обитания, которая представляет собой грубое нарушение естественной среды, всегда будет жить и действовать, рискуя вызвать необратимые изменения в окружающей среде. Резкое ухудшение экологического состояния планеты на сегодняшний день объясняется в первую очередь глубочайшим эгоизмом *homo sapiens* и наиболее страшным проявлением этого порока в лице современного олигархического капитала – «золотого миллиарда планеты». Объективно это предопределено самой сущностью человека как биологического вида. С точки зрения науки, любое тело стремится занять новое состояние с меньшей затратой энергии. Все объекты живой природы для своего нормального функционирования потребляют с минимальными собственными энергетическими затратами природную энергию и

ресурсы. Однако они генетически строго следуют закону ограниченной достаточности.

Человек в экосистеме – не исключение, и он тоже функционирует по закону наименьших энергетических затрат, но он не имеет естественных ограничений (в отличие от другой живой природы) и поэтому игнорирует закон ограниченной достаточности. Его потребности в отличие от других объектов экосистемы безмерны, что и ведет при отсутствии жестких ограничений к разрушению окружающей среды и другим антисоциальным явлениям в обществе.

Человек, в соответствии с законом наименьших энергетических затрат, никогда добровольно не согласится с библейским принципом ограниченной достаточности и будет грабить всех и все, если это для него безнаказанно. Это закон развития человеческого сообщества, объясняющий его эгоистичность, который, к великому сожалению, не учитывается при разработке государственных, международных юридических и других актов, определяющих социальные взаимоотношения.

Основное отличие *homo sapiens* от животного мира – разум, который, как показывает обозримое время его существования, направлен только на удовлетворение сверхпотребностей с минимальными собственными энергетическими затратами. Именно в соответствии этому закону человек совершает различные правонарушения, которые требуют минимальных энергетических затрат для получения какого-либо блага.

Более того, на всех уровнях под прикрытием демократии и прав человека лоббируются либеральные, полупреступные и преступные законы и регламенты, защищающие интересы богатейшей элиты населения Земли, которую, кроме собственного обогащения, ничего не интересует. Например, в финансовой, банковской, страховой, игровой, адвокатской и других непроизводительных сферах во всем мире широко используются законы и регламенты, агрессивно поощряющие непроизводительную деятельность. Поэтому с каждым годом прогрессируют различные виды преступлений в жизни общества, в том числе убийства, экономические преступления и уничтожение природных ресурсов. Это будет продолжаться до тех пор, пока соответствующие законодательные акты и регламенты

не будут адекватно учитывать порочную генетическую природу сознания человека. Эту генетику сознания можно изменить только жесткими законами бытия.

Человек, хотя и разумный, но как всякая биологическая особь действует в соответствии с заложенными в него инстинктами. При материальных недостатках – это прежде всего борьба за пищу (известно, что 25–35 % населения земли голодает), жилище, благосостояние. По достижении материального благополучия человек может бороться за деньги, продвижение по службе, известность, власть, лучших самок (самцов) и т. п. [5]. Подавляющее большинство людей пользуется имеющейся возможностью получить (*мягко говоря*) какие-то личные блага, если для них это безопасно, с минимальными затратами, бесплатно. Для одних – это рубли, для других – десятки и сотни миллионов и миллиардов. Многие рассматривают всю свою деятельность (включая официальную работу) только под одним углом – а что мне это даст? Лишь ничтожное количество людей одержимы какими-то идеями и готовы пожертвовать своим благополучием (и даже жизнью) во имя этих идей или общества.

Разум человека позволил достичь значительных успехов в науке и технике, однако он совершенно игнорирует принцип «ограниченной достаточности», регулирующий все жизненные процессы на Земле. Наследство биологического происхождения человека (борьба за свое индивидуальное существование) породило в нем, в отличие от всей природы, принцип «безграничной потребности с минимальными энергетическими затратами». Это приводит к морям крови, несчастий, пустой трате ресурсов, сил, материальных ценностей, к уничтожению не только живой природы, но и самих себя. Более того, человечество создало такое мощное оружие, которое в состоянии уничтожить все живое на Земле несколько раз [5].

Человеческая история – это цепь непрерывных войн, репрессий правителей против собственного народа, подозреваемых противников и соратников, чтобы сохранить свою власть. Это убийства, насилия, грабежи, жульничество и обман на всех уровнях. Каждый заботится только о себе и своих близких. И ему безразлично: как его деятельность оборачивается для общества, тем более – для будущего поколения людей [5]. Поэтому само общество в лице госу-

дарственных и межгосударственных органов должно ограничить деятельность человека жесткими, цивилизованными экологическими и социальными нормами.

Еще более убедительные факты природной порочности человека приводит в своих исследованиях психолог Стэнли Милгрэм из Йельского университета, который еще 55 лет назад провел знаменитый эксперимент «на послушание». Он, одетый в белый халат, просил приглашенных граждан принять участие в научном исследовании – исполнить роль «учителя» и давать человеку в клетке, «ученику», задания на запоминание. Если ученик ошибется, наказывать его разрядом электрического тока, каждый раз увеличивая напряжение от 150 до предельных 450 вольт.

Никакого тока, конечно, не было, «учеником» был актер, который после 150 вольт начинал кричать и умолять не делать ему больно. Только 35 % участников прекращали или задерживали «обучение». Остальные 65 % слушались начальника в белом халате и пытали своего ближнего до конца – до 450 вольт. Важно отметить, что некоторые колебались. Но после того как Милгрэм заверял, что ответственность за все, в том числе и за безопасность «ученика» берет на себя, успокаивались и продолжали «экзамен». Это исследование показало чрезвычайно сильно выраженную готовность нормальных взрослых людей идти неизвестно как далеко, следуя указаниям авторитета.

Через 45 лет, уже в наши дни, опыты Милгрэма повторил Джерри Бергер, профессор психологии из университета Санта-Клара в Калифорнии. Правда, с поправкой: предельное напряжение обозначил в 150 вольт. Результат тот же – 70 % «учителей» мучили, то есть «экзаменовали» своих ближних до конца. «Хотя нельзя ставить знак равенства между лабораторными исследованиями и сложными социальными моделями поведения, но все же эксперимент частично объясняет, почему во времена конфликтов обычные люди могут совершать насилие и убийства или даже участвовать в геноциде», – написал Бергер.

Демократические страны стараются ввести взаимоотношения людей в цивилизованные рамки – издают законы, содержат полицию, суды и др. Но все эти атрибуты «демократии» создаются в ко-

нечном итоге «золотым миллиардом» (10 % населения Земли) только для простых людей. Сами же они, имея в своих руках финансовые, властные и силовые рычаги, создают заведомо выгодную только им либеральную законодательную базу и творят все, что вздумается. По-другому и быть не может – такова их естественная природа. Следствием такой политики является экологический беспредел в использовании природных ресурсов и прогрессивное возрастание преступности во всех сферах человеческой деятельности.

Миллиарды людей, загубленных в войнах, великих завоевательских походах, репрессиях, геноцидах; тысячи жестоких и сотни тысяч менее жестоких преступлений, совершаемых ежедневно во всем мире на фоне либеральных законов «золотого миллиарда»; варварское использование природных ресурсов, поставившее на грань экологической катастрофы нашу цивилизацию и другие глобальные негативные явления – результат деятельности человечества за все время его существования. Особенно жестоко обострилась эта проблема за последнее столетие, когда ресурсы планеты начали истощаться. Человек это понял, кое-кто на подсознательном уровне, и уже началась необъявленная война за ресурсы планеты.

Эгоизм каждого *homo sapiens*, проявляющийся в безмерной потребности с минимальными собственными энергетическими затратами – это важнейший закон функционирования человеческого общества, который, к великому сожалению, игнорируется законодательствами всех государств. Этот закон должен быть базой для разработки и реализации всех регламентов взаимоотношений в обществе. По выражению Ф. Бекона: «Побеждать природу можно, только повинаясь ей».

Не является исключением и проблема нынешнего критического экологического состояния планеты. Основная ее причина – социальная, для устранения которой нужны, адекватно нарушениям (преступлениям), жесткие государственные и межгосударственные акты.

В настоящее время для удовлетворения возрастающих потребностей человека можно получать невозобновляемые природные ресурсы (руда, уголь, газ, нефть и др.) с относительно небольшими энергетическими затратами. Если учесть, что эти ресурсы используются всего на 1,5–2 % [15] и при этом получают в про-

цессе переработки значительные производственные загрязнения, то фактическая их полезность несопоставима с тем экологическим ущербом, который они приносят окружающей среде.

«Величайших успехов» в этом направлении достигли высокоразвитые страны. Первая страна в этом списке – США. В течение жизни на одного американца расходуется 15 тонн железа и чугуна, 1,5 тонн алюминия, 700 кг меди, 12 тонн глины, 13 тонн поваренной соли, 500 тонн стройматериалов, в том числе 100 м<sup>3</sup> древесины. Если все страны стали бы потреблять столько же ресурсов, сколько США, то человечеству потребовалась бы площадь, равная трем площадям Земли. В Японии на одного жителя приходится 50 тонн минерального сырья, запасы которого на планете ограничены и быстро истощаются.

Разные виды ресурсов могут быть исчерпаны в ближайшие 30–50 лет. По словам исполнительного директора ЮНЕП Акима Стайнера скорость, с которой люди использовали природные ресурсы Земли на протяжении последних 20 лет, поставила само существование человечества под угрозу. Сегодня каждому человеку для удовлетворения своих потребностей требуется на треть больше ресурсов, чем может предоставить Земля. Народонаселение земли сегодня составляет более 7 млрд человек, потребность в энергии развитых стран с каждым годом возрастает на 20 %. Количество пресноводной рыбы за последние годы сократилось на 50 %, а 30 % земноводных, 23 % млекопитающих и 12 % птиц находятся под угрозой исчезновения. Каждая десятая из крупнейших в мире рек пересыхает, не достигнув моря. Тем не менее человечество каждый год увеличивает объемы использования природных ресурсов, что приводит к прогрессивному загрязнению биосферы.

Определенные группы людей в различных сферах деятельности получают сегодняшние сверхприбыли от использования природных ресурсов. Они создали себе не мнимый, а настоящий потребительский рай миллионеров, в котором, не взирая на мировые кризисы, миллиард голодающего населения планеты, войны и ужесточающиеся природные катаклизмы, позволено иметь яхты с подлодками и вертолетами, золотые автомобили и предметы быта, новогоднюю елку за 11 миллионов долларов, особняки для семьи из

6 человек, стоимостью свыше 1 миллиарда долларов и т. д. Отказаться от нынешних благ они могут только тогда, когда их непосредственно коснется экологическая катастрофа или когда будут поставлены жесткие экологические рамки. Такой грабеж будет продолжаться до тех пор, пока экологическую политику будут определять рекомендации и протоколы, а не жесткие гражданские регламенты, разработанные на базе естественного закона порочной природы человека, пока государственные и межгосударственные органы не будут иметь действенных социально-экологических рычагов управления деятельностью общества.

Поставленный социальный вопрос является темой специальных исследований, однако, если в ближайшее время значительно увеличить экологический налог на использование первичных ресурсов для производителей и потребителей технических изделий, то будут сняты многие экологические проблемы промышленного производства и, в конечном итоге, все это приведет к снижению экологической напряженности на планете.

Материальные и энергетические преобразования в природе обеспечивают поддержание жизни на Земле. Все экосистемы планеты существуют по законам наименьших энергетических затрат и ограниченной достаточности за счет солнечной энергии, поступающей на поверхность планеты в достаточном для них количестве. Получение ресурсов, избавление от отходов происходит без загрязнения среды в рамках круговорота веществ, прежде всего круговорота соединений водорода, углерода, азота, серы, фосфора.

Используя различные элементы окружающей среды в своей деятельности, человек изменяет ее качество и нарушает указанные выше принципы функционирования экосистем. Потребительское отношение к природе *homo sapiens*, который во всех сферах жизнедеятельности максимально использует принцип «наименьших энергетических затрат» для удовлетворения своих возрастающих потребностей и, в отличие от природных экосистем, полностью игнорирует принцип «ограниченной достаточности», является главной, фундаментальной причиной повышения экологической (и не только) напряженности планеты Земля. По словам эксперта Всемирного фонда дикой природы (WWF) Валери Грамон тенден-

ция повышения экологической опасности ускорилась из-за «избыточного потребления и расточительства». В мире около трети продовольствия «отправляется на помойку», при этом более 1 млрд населения планеты голодает. К сожалению, этот принцип функционирования человеческой цивилизации далеко не всегда учитывается при разработке экологических и других социально-политических законов и регламентов.

Игнорирование порочной природы человека, его личной заинтересованности и адекватной жесткой ответственности за преступления – теоретическая основа развала не только государственных образований, но и любых мероприятий, преобразований и других процессов с участием *homo sapiens*. Очень точно такое поведение человека характеризует Эрнест Хемингуэй: «Дайте человеку необходимое – и он захочет удобств. Обеспечьте его удобствами – и он будет стремиться к роскоши. Осыпьте его роскошью – он начнет вздыхать по изысканному. Позвольте ему получать изысканное – он возжаждет безумств. Одарите его всем, что он пожелает – он будет жаловаться, что его обманули и что он получил не то, что хотел».

В опубликованной в 2015 году католической энциклике «Слава тебе» Папа Римский Франциск говорит о вреде, который человек нанес и наносит окружающей среде и призывает защитить ее, взяв под контроль глобальное потепление и другие, вызванные человеческой деятельностью, проблемы. «Что значит заповедь «не убий», когда 10 из 100 % населения Земли потребляет ресурсы в такой степени, что крадет их у бедных наций и у будущих поколений, которым из-за этого приходится “выживать”?»», – пишет в энциклике римский понтифик.

Папа критикует «парадигму» современной жизни, которую он называет «парадигмой потребления». Он призывает изменить модель производства и сам образ жизни, создав «экологическое общество». Это, по словам понтифика, требует определенных действий каждого человека в повседневной жизни: от равного и справедливого потребления ресурсов до уменьшения использования всех ресурсов и контроля отходов. Неравенство в нынешней модели развития в наибольшей степени ударяет по бедным. В связи с этим он просит

«юстицию вмешаться в дискуссии об окружающей среде», без нее «невозможно услышать крик земли так же, как и крики бедных».

Происходит одновременная деградация человечества и исчезновение природных богатств. Истощение ресурсов создает «сценарий, благоприятствующий новым войнам, прикрывающийся благими целями». Помимо прочего, войны причиняют серьезный ущерб не только окружающей среде, но и культурам целых народов. Римский понтифик критикует сильную зависимость современного общества от техники, чрезмерность использования топлива и других ресурсов планеты. «Никто не хочет возвращаться в каменный век, однако необходимо замедлить шаг, чтобы взглянуть на действительность с другой стороны», – пишет Папа Римский.

Социальные причины чаще всего являются главным препятствием в развитии самых эффективных и экологически чистых технологий, возобновляемой энергетики, транспортных средств, топлива, методов и способов машиностроения и др. Не являются исключением в этом плане и крупнейшие автомобильные свалки стран Европы и Америки, которые в течение многих лет на базе дешевого сырья всей планеты организовали массовое перепроизводство автомобилей. Они и сейчас прогрессивно наращивают выпуск автомобилей из первичных природных ресурсов, в то время как пригодные для реновации такие же машины в основном попадают на свалку. В этом плане необходима жесткая политика в отношении эколого-социальных и эколого-экономических приоритетов функционирования общества:

- разработка и внедрение стандартов, регламентирующих производственную и потребительскую (эксплуатационную) экологичность изделий;

- введение научно-обоснованных экологических налогов на невозобновляемые природные ресурсы, продукцию предприятий, производителей и потребителей этой продукции;

- широкая пропаганда и внедрение принципа «ограниченной достаточности»;

- значительное повышение доли общественного транспорта в перевозках пассажиров и грузов;

- существенные льготы всей экологически чистой сфере деятельности;
- разработка и внедрение социально-правовых актов экологического направления.

## **2.2 Потребление невозобновляемых природных ресурсов**

Главный источник ЗОС – это ежегодное прогрессивное потребление невозобновляемых природных ресурсов, которые полезно используются всего на 1,5–2 % [15]. Как видно, на каждый килограмм веса выпускаемого технического изделия получается (в зависимости от материала этого изделия) от 100 до 1000 и более килограммов загрязнений окружающей среды.

Ежегодно из недр земли извлекается свыше 100 млрд тонн природных ресурсов, из которых свыше 95 % превращаются в отходы. Это закон функционирования нашей экосистемы и объективная закономерность современной традиционной технологии, который необходимо учитывать при стратегическом планировании развития техносферы.

Стационарные промышленные предприятия (горнодобывающая, металлургическая, энергетическая, машиностроительная, химическая отрасли и др.) являются основными потребителями природных ресурсов (более 90 %) и представляют собой главный источник загрязнения окружающей среды, которые дают свыше 90 % всех загрязнений. Выбросы вредных веществ зависят от объема производства, структуры предприятия, оснащенности очистительным оборудованием, технологических особенностей и других обстоятельств, однако все они работают по традиционной технологии переработки первичных невозобновляемых ресурсов и в обозримом будущем не предвидится кардинальных ее изменений в плане ресурсосбережения и снижения ЗОС.

Наибольшее количество загрязнений дает энергетика, это 73,2 %. Сюда относится все – обслуживание зданий, электричество для промышленности и горючее для транспорта. На автомобильные выбросы приходится 11,9 % – больше всех прочих в энергетическом секторе. Причем 60 % от этого числа – пассажирский транс-

порт, включая частный и общественный. Доля авиации – 1,9 %, где больше половины приходится на международные рейсы.

Генерация энергии для отопления и обслуживания жилых домов дает 10,9 % парниковых газов, для промышленных зданий – 24,2 %, черная металлургия ответственна за 7,2 % всех парниковых газов.

Большую часть первичной энергии, а это – 80 %, человечество по-прежнему получает за счет ископаемого топлива и первое место в этом плане отводится углю. Например, известно, что в США больше всего парниковых газов в энергетике в 2022 году пришлось на угольные ТЭЦ – 55 % выбросов. При том, что энергии уголь дал всего 24 % от общего полученного объема. На втором месте – природный газ с 43 % выбросов и 33 % полученной энергии. Нефть же в США и вовсе дала 2 % выбросов и 1 % энергии.

По миру в среднем ситуация аналогичная, хотя в странах с более развитой индустрией уголь играет в энергетике еще более значимую роль. Китай, например, потребляет половину всего угля в мире. И выбрасывает за счет него 7,96 млрд тонн парниковых газов. Для сравнения, на втором месте применительно к углю Индия с 1,8 млрд тонн парниковых газов, на третьем США – 1 млрд тонн.

Уголь вреден не только большим выходом парниковых газов относительно полученной энергии. При его сжигании выделяются оксиды серы и азота, пагубно влияющие на окружающую среду и здоровье людей. Несмотря на это, его до сих пор используют потому, что работа солнечных и ветровых станций зависит от погоды. При этом ни тепловые, ни атомные станции невозможно просто включать и выключать, когда нужно. Для этого каждый раз нужна цепочка мероприятий длиной в несколько дней. В условиях ограниченных финансов зеленая энергия для развивающихся стран пока остается роскошью, а уголь – наиболее доступным источником энергии.

Различные виды землепользования – сельское и лесное хозяйства в сумме выбрасывают 18,4 % парниковых газов. Главным источником загрязнения воздуха является животноводство, на нем 5,4 % от всех мировых выбросов – за счет метана. При этом агропромышленный сектор обходится человечеству в 4,1 % выбросов.

На прямые промышленные выбросы парниковых газов, не связанные с энергетикой, приходится 5,2 % от общего числа [48].

Если говорить о доле выбросов парниковых газов по странам, то картина по первой двадцатке в процентах от общего количества получается следующая (данные от Европейской комиссии по всем парниковым газам на 2022 год):

Китай – 29,16 %; США – 11,19 %; Индия – 7,33 %; Россия – 4,8 %; Бразилия – 2,44 %; Индонезия – 2,31 %; Япония – 2,2 %; Иран – 1,77 %; Мексика – 1,52 %; Саудовская Аравия – 1,51 %; Германия – 1,46 %; Канада – 1,41 %; Южная Корея – 1,35 %; Турция – 1,28 %; Австралия – 1,06 %; Пакистан – 1,02 %; Южная Африка – 0,99 %; Вьетнам – 0,91 %; Таиланд – 0,86 %; Франция – 0,8 %.

В пересчете на душу населения: Катар – 67,38 т; Палау – 61,95 т; Бахрейн – 39,29 т; Кувейт – 37,96 т; Тринидад и Тобаго – 33,27 т; Бруней – 32,66 т; ОАЭ – 29,33 т; Оман – 25,59 т; Саудовская Аравия – 22,64 т; Австралия – 21,98 т; Туркменистан – 20,8 т; Канада – 19,79 т; Гибралтар – 19,69 т; Новая Каледония – 19,35 т; Монголия – 19,07 т; Россия – 17,99 т; США – 17,90 т; Казахстан – 17,33 т; Новая Зеландия – 16,83 т; Ливия – 15,32 т.

«Тенденция по использованию ископаемого топлива сохранится и в будущем, а чем больше загрязняющих выбросов, тем жарче нам будет» – предупреждает директор центра климатических исследований в Сингапуре, профессор Эрланд Шеллен.

Межправительственная группа экспертов ООН по изменению климата в докладе, представленном еще в октябре 2018 года, сообщила, что у человечества осталось 12 лет на предотвращение глобальной экологической катастрофы.

Всемирный фонд дикой природы предупреждает о том, что при нынешнем уровне потребления природных ресурсов в мире к середине нынешнего века глобальным экосистемам планеты грозит гибель. В публикуемой этой организацией дважды в год отчете «Живая планета» говорится, что ресурсы Земли истощаются с невиданной в истории человечества скоростью: за 40 лет уничтожено почти треть ресурсов Земли. По данным экспертов, в сравнении с 1966 годом потребление ресурсов удвоилось и главным мировым потребителем является США.

Однако США занимают лишь пятую строку в списке стран, которые расточительно используют мировые природные ресурсы в расчете на душу населения. Лидерами по этому показателю оказались Катар – 1 место, Кувейт – 2, Объединенные Арабские Эмираты – 3, Дания – 4. Места с 6 по 10 занимают Бельгия, Австралия, Канада, Нидерланды и Ирландия. Россия на 33-м месте.

По мнению WWF, если весь мир будет жить так, как Великобритания, то для обеспечения жизнедеятельности понадобятся целых три планеты. По другим данным ученых-экологов природных ресурсов Земли хватит всего на 1,5–2 года, если население планеты обеспечить на уровне жителей США. Чтобы перейти к обществу, живущему за счет возобновляемых ресурсов решительные меры необходимы прямо сейчас в таких областях, как производство энергии, транспорт и жилье.

При сохранении современного темпа добычи и потребления разведанных запасов природных ресурсов нефть будет исчерпана уже через 30–40 лет, газ – через 50–70, уголь – через 250–300. Истощение запасов алюминия ожидается через 500–600 лет, железа – через 250 лет, цинка – через 20–30, свинца – через 20–30, редких металлов – через 20 лет [39]. Прогрессивное истощение естественных ресурсов и загрязнение окружающей среды в настоящее время требует кардинального совершенствования промышленного производства.

Совершенно очевидно, что человечество в своем развитии зашло в экологический тупик. Дальнейший путь в этом направлении ведет к гибели. Несмотря на это, мировое сообщество не принимает реальных практических мер для снижения глобальной экологической напряженности, которая непрерывно возрастает. Наоборот, продолжается прогрессирующее ресурсопотребление и загрязнение окружающей среды. Международным мерилom уровня жизни по-прежнему является экспоненциальный прирост валового продукта в основном за счет изъятия минеральных ресурсов, которое обеспечивается правовыми нормами и менее всего направлено на защиту природы от разрушения. Поэтому стратегической задачей снижения экологической напряженности на планете является значительное сокращение объема добычи первичных природных ресурсов, которые и определяют уровень загрязнения окружающей среды.

Ежегодно из недр земли извлекается свыше 100 млрд тонн природных ресурсов, включая топливные, из которых свыше 95 % превращаются в отходы. При производстве 1 тонны металла получается более чем 100 тонн отходов (рисунок 2.1). Изготовление одного золотого обручального кольца весом 5–10 граммов сопровождается получением 1,5–3,0 тонны отходов и т. д. Для выплавки 1 тонны стали требуется по разным данным 150–230 м<sup>3</sup> воды, для изготовления 1 тонны капронового волокна – до 5000 м<sup>3</sup> воды, 1 тонны никеля – до 4000 м<sup>3</sup> воды. Для получения 1 тонны свинца требуется примерно 1000 тонн породы, топлива, воды и других компонентов [3].

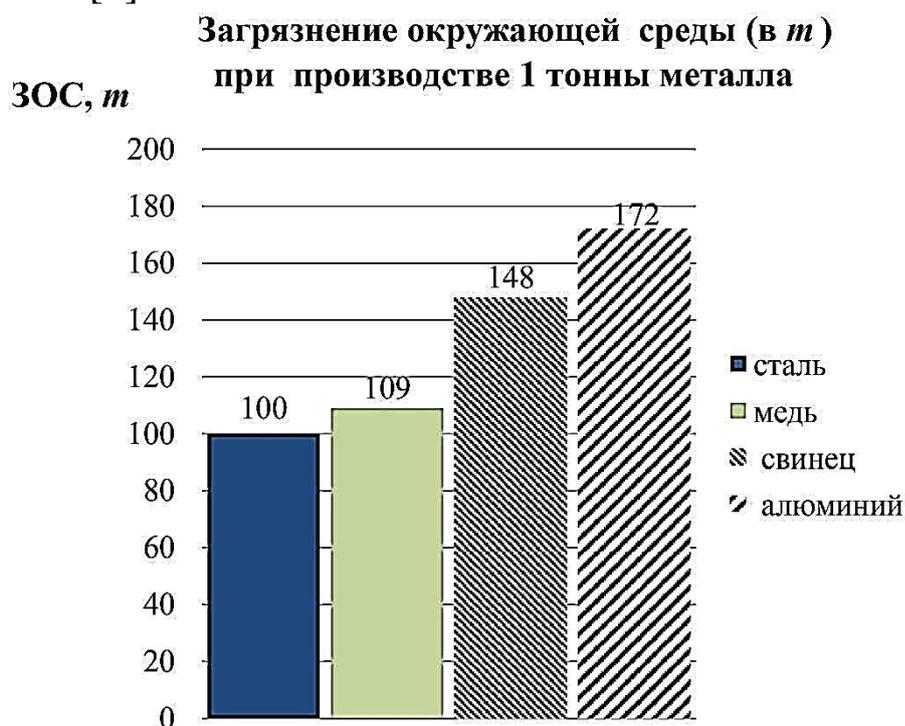


Рисунок 2.1 – Диаграмма ЗОС при производстве металлов

Материалоемкость продукции и ресурсопотребление определяют уровень загрязнения окружающей среды. Например, для изготовления одного автомобиля ЗИЛ-130 весом в 4,3 т необходимо переработать 645 тонн природного вещества. На производство различных конструкторско-эксплуатационных материалов, необходимых на период его эксплуатации до списания, требуется переработать на стационарных промышленных предприятиях еще более 8000 тонн природного вещества. В итоге один автомобиль ЗИЛ-130 на изготовление и эксплуатацию требует переработки более 8645 тонн природного вещества [16].

За последние 40 лет мировое потребление минеральных ресурсов возросло в 25 раз, а отходов производства увеличилось более чем в 100 раз [21, 22]. По данным отчета, опубликованного World Steel, в течение 2017 года мировая сталелитейная промышленность произвела 1,69 млрд т стали (и более 169 млрд т отходов – *прим. автора*), что на 5,3 % больше по сравнению с предыдущим годом. Наблюдается непрерывный рост производства и многократное увеличение отходов во всех основных странах и регионах – производителей стали.

В сфере производства технических изделий потребляется свыше 90 % добываемого топлива, добыча, переработка и сжигание которого является основным источником вредных выбросов в атмосферу. При сгорании 1 кг у.т. получается (в пересчете на углерод) 3,7 кг двуокиси, кроме того, образуются оксиды азота, серы, другие вредные вещества и значительное тепловое загрязнение (34,1 Мегаджоуля на килограмм углерода). При сжигании на ТЭС 0,4 кг у.т. для выработки 1 кВт·ч электроэнергии в атмосферу выбрасывается 1,48 кг различных газов (а не 60–100 г по различным статистическим отчетным данным) [3]. Энергетика техносферы является важнейшим и прогрессирующим загрязнителем окружающей среды, поэтому топливно-энергетический комплекс должен быть постоянно в центре внимания экологического мониторинга. Он предполагает:

- снижение энергоемкости выпускаемой продукции и сферы услуг;
- производство более «экологически чистых» нефтяных и синтетических горюче-смазочных материалов;
- производство альтернативных видов топлива;
- использование возобновляемых видов энергии;
- выработку «экологически чистой» электроэнергии.

Данные об объемах и динамике потребления природных ресурсов и загрязнения окружающей среды показывают, что человечество чрезмерно эксплуатирует источники и стоки планеты. Темпы использования материалов и энергии из планетарных источников и темпы приема отходов планетарными стоками должны согласовываться и не причинять ущерба природным процессам поглощения, регенерации и

регулирования, так как любой вид ресурсов (пища, вода, металл, нефть и т. д.) ограничен своими источниками и стоками.

Антропогенная деятельность человека приводит к потере устойчивости экосистем, их деградации и разрушению. Это проявляется в изменении параметров окружающей среды (концентрации химических веществ, температуры, влажности воздуха, давления и др.) и сокращении биоразнообразия. Разрушается биогеохимический круговорот веществ в природе. Поэтому природные ресурсы перестают воспроизводиться в пределах прежних естественных колебаний.

Загрязнение имеет следствием необратимое разрушение как отдельных экологических систем, так и биосферы в целом, включая воздействие на глобальные физико-химические параметры среды. Это – сложный многообразный процесс. Отходы производств оказываются обычно там, где их раньше не было. Многие из них химически активны и способны взаимодействовать с молекулами, входящими в состав ткани живого организма, или активно окисляться на воздухе. Понятно, что такие вещества оказываются ядами по отношению ко всему живому. Научный консенсус не оставляет сомнений: глобальное изменение климата – реальность, и вызвано оно в первую очередь действиями человека и выбросами парниковых газов.

Источники и виды антропогенного загрязнения окружающей среды весьма обширны: технические, аграрные, социально-бытовые, механические, химические, физические (тепловые, шумовые, световые, электромагнитные, ультразвуковые, радиоактивные), биологические, микробиологические и др. Все они достаточно широко освещаются и прорабатываются в специальной литературе. В предлагаемой работе рассмотрим основные экологические проблемы современной техносферы, которая потребляет наибольшее количество природных ресурсов [28, 29].

### **2.3 Потребительская концепция современной техносферы**

Характерной особенностью функционирования современного производства является почти полное отсутствие контроля и какого-либо технического воздействия производителя на выпущенное изделие. Завод-изготовитель даже не утилизирует свою продукцию. Он

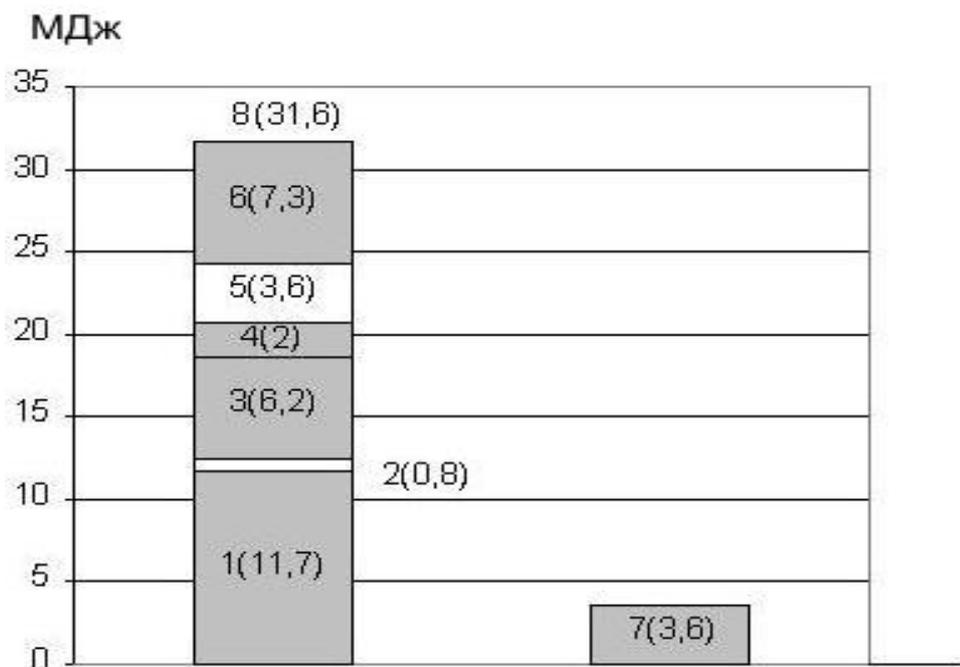
предлагает только замену изношенного узла, агрегата или детали. Данная стратегия на сегодняшний день является очень выгодной производителю и крупным производственным предприятиям, специализирующимся на изготовлении запчастей. Это позволяет увеличить продажи и производственные мощности завода, но для изготовления новых изделий требуется огромное количество первичных природных ресурсов, переработка которых сопровождается многократным (по массе) загрязнением окружающей среды на всех этапах жизненного цикла изделия: от подготовки производства до рециклинга.

В общей структуре производства изделий значительную долю составляют энергетические ресурсы, борьба за которые в мире приобретает все более ожесточенный характер. Количество энергии, потребляемое человечеством, удваивается каждые 5 лет, а это и непосредственное тепловое загрязнение, сопровождающееся значительными (до 35 %) выбросами в атмосферу. Сейчас около 90 % первичной энергии в мире производится из ископаемого топлива, сжигание которого приводит к выбросу в атмосферу около 34 млрд т диоксида углерода. Такой уровень выбросов, если он останется прежним в последующие десятилетия, приведет к повышению температуры не на 2 °С, а намного больше. С ростом энергопотребления в мире продолжающаяся зависимость от ископаемого топлива вызовет повышение глобальной температуры на 4–6 °С, что может привести и уже приводит к катастрофическим последствиям для производства продовольствия во всем мире, повышению уровня моря, сильнейшим засухам и наводнениям, опустошительной жаре и мощным ураганам.

Серьезную опасность вызывает само производство электроэнергии из невозобновляемых ресурсов. Так, для выработки 1 кВт·ч электроэнергии, т. е. 3,6 МДж ее теплового эквивалента, сжигается в среднем 400 г условного топлива, при котором выделяется 11,7 МДж энергии. На разведывание, добычу, транспортирование реального количества топлива (2,1 кг), определенного через технический эквивалент, а также на инфраструктуру теплоэлектростанций, транспорта и социально бытовую сферу (здания, сооружения, технологическое оборудование, отопление, предприятия соцкультбыта и др.) требуется еще 15–20 МДж энергии (рисунок 2.2). Таким

образом, для выработки 1 кВт·ч электроэнергии расходуется в 7–9 раз больше природных невозобновляемых энергетических ресурсов. Долго такая разрушительная «деятельность» человечества продолжаться не может. Необходимы срочные и кардинальные меры, многократно снижающие потребление невозобновляемых ресурсов, которое и обуславливает загрязнение окружающей среды [3].

Общий объем извлекаемых энергетических ресурсов по данным Международного газового союза составляет 1083,5 млрд тонн условного топлива, в т. ч. 65,5 % – уголь, 12,6 % – нефть, 10 % – природный газ, 11,9 % – сланцы, битумы, тяжелые нефти [15, 3]. Сегодня более 90 % мировых энергоресурсов составляет ископаемое органическое топливо (уголь, нефть, газ). Несмотря на активное вовлечение в энергобаланс все новых источников энергии, на протяжении, по крайней мере, XXI века эти ресурсы останутся основой мировой энергетики.



1 – сжигание условного топлива, 2 – энергозатраты на обслуживание ТЭС, 3 – транспортирование реального топлива на 100 км, 4 – энергозатраты на транспортную инфраструктуру, 5 – разведка, добыча, переработка реального топлива, 6 – инфраструктура по всем показателям, 7 – энергозатраты, эквивалентные 1 кВт·ч электроэнергии, 8 – действительные энергозатраты на производство 1 кВт·ч электроэнергии

Рисунок 2.2 – Энергетические затраты на производство 1 кВт·ч электроэнергии

С учетом промышленных отходов и сбросов, которых получается в десятки и сотни раз больше выбросов, индустриальное ЗОС, приходящееся на долю стационарных промышленных предприятий, составляет не менее 80 % от общего количества загрязнений (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Процентная доля отраслей производства в загрязнении атмосферы [10]

Отрасль производства	Выбросы, %
Металлургия черная и цветная	35
Теплоэлектростанции	27
Нефтедобывающая и химическая промышленность	17
Автомобильный транспорт	13
Остальные отрасли	8

По данным МГЭИК транспорт является причиной 13 % всех вредных выбросов. Фактически эта величина примерно в половину меньше, так как транспорт потребляет не более 5 % добываемых энергоресурсов [3], сжигание которых и дает выбросы. Поэтому, не умаляя значение потребительских загрязнений, главное внимание в решении проблемы снижения экологической напряженности на нашей планете должно быть направлено на значительное сокращение загрязнений в производстве изделий [15, 25, 26].

## 2.4 Одноразовые изделия

Особое внимание стоит обратить на огромный экологический вред, который приносят изделия однократного использования (тара, упаковочные материалы, посуда, пластмассовые изделия, зажигалки, авторучки, большое количество электронных изделий и многое другое). К категории «одноразовых» приближается довольно сложная бытовая техника, некоторые промышленные изделия и даже автомобили, которые многие производители и потребители вообще не хотели бы ремонтировать. «Одноразовое» мышление во многих сферах деятельности человечества, и в первую очередь в производстве автомобилей, оборудования, бытовой техники и др., объясня-

ется только чудовищным эгоизмом человека и экологической безграмотностью общества [3].

Существующее ныне традиционное производство одноразовых изделий, построенное на базе дешевого сырья всей планеты, приносит производителям огромные прибыли, за которыми они не хотят видеть экологическую эффективность продукции многократного использования. Наоборот, этой группе производителей очень выгодна недолговечная продукция, которая стимулирует развитие их производства и приносит огромные доходы. Сокращением объема потребления первичных природных ресурсов путем повышения долговечности изделий и их многократного использования производители не занимаются. Ради сегодняшнего сверхобогащения они совершенно не обращают внимания на экологическое состояние окружающей среды и чреватых последствий ближайшего будущего.

Одноразовые изделия имеют небольшой срок службы, и для возобновления постоянно требуется огромное количество первичных природных ресурсов. Поэтому их номенклатура должна быть обоснованно ограничена стимулирующими и карающими государственными актами. Например, потребитель и производитель должны быть заинтересованы в повышении долговечности изделия, сохранении тары, упаковочных материалов для многократного использования и др. Для этого необходимо предусмотреть соответствующие экологические показатели изделия, повысить до научно-обоснованных размеров стоимость возвратной тары, предоставить экологические льготы потребителю и производителю долговечной продукции и др.

«Одноразовое» мышление в отношении массовых изделий, исключаящее его капитальный ремонт и реновацию, ориентирует производителей на интенсивное потребление первичных природных ресурсов, чем наносится значительный и непоправимый ущерб природе.

Производство почти всех технических изделий дает больше загрязнений, чем само изделие за все время его использования, однако при экологической оценке этот показатель до сих пор никак не учитывается [22]. Поэтому вопросы экологии изготовления промышленных изделий представляются первоочередными.

Экологическая проблема планеты весьма обширна, она охватывает все сферы человеческой деятельности и требует комплексного научно-технического, социального, экономического и политического решения на государственном и межгосударственном уровне. Одной из первоочередных задач в этом направлении является определение экологичности изделия, то есть комплексного показателя загрязнения окружающей среды каждым изделием.

### **3 ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Современная экологическая наука при анализе техногенного воздействия на окружающую среду учитывает в основном только эксплуатационное (потребительское) загрязнение: токсичность выбросов, шумность и другие показатели, которые регламентируются соответствующими техническими и государственными актами. Основное внимание в экологической деятельности человечества сосредоточено в области потребления технической продукции, которая дает менее 5 % всех загрязнений. При этом совершенно не учитываются те загрязнения, которые были получены при ее изготовлении, а они зачастую в несколько раз превышают эксплуатационные. Особенно это касается одноразовых изделий, к которым относятся бытовая, компьютерная техника и другая сложная дорогостоящая техническая продукция. В настоящее время «одноразовое мышление» производителей в силу известных олигархических причин становится все более приоритетным.

Регламентированных производственных экологических показателей изделий вообще нет, в то время как стационарные промышленные предприятия, производящие эти изделия, потребляют до 90 % минеральных и энергетических ресурсов и дают свыше 90 % суммарных загрязнений. Сегодня наука и техника даже не может ответить на вопрос, какое количество суммарных загрязнений дает каждое используемое изделие. Не имея этих сведений невозможно принимать адекватные экологические решения на всех уровнях по тем или иным видам продукции. Отсутствие критериев экологического качества продукции и государственных экологических регламентов позволяет производителям варварски и безнаказанно уни-

чтожать первичные природные ресурсы, совершенно не беспокоясь об экологических последствиях своей деятельности [3].

Государство не имеет реальных рычагов управления экологической безопасностью производства продукции промышленных предприятий. Если нет государственного регламента (стандарта) экологической чистоты продукции, то и проблемы загрязнения окружающей среды при ее производстве как бы не существует. Формирование современной экологической политики требует новых принципов и подходов, действенных регламентов, направленных на интеграцию экологической составляющей во все сферы деятельности, которая обеспечит сохранение, бережное использование и воспроизводство природных ресурсов.

Поставленная проблема весьма обширна, она охватывает все сферы человеческой деятельности и требует комплексного научно-технического, социального, экономического, политического решения на государственном и межгосударственном уровне, которое и определяет пути гармоничного использования природных ресурсов планеты. Ниже приведены основные направления экологической политики страны:

1. Государственно-правовые акты:

- разработка и внедрение стандартов, регламентирующих производственную и потребительскую (эксплуатационную) экологичность изделий;

- введение научно-обоснованных экологических налогов на невозобновляемые природные ресурсы;

- введение научно-обоснованных экологических налогов на продукцию производителей и потребителей этой продукции.

- существенные льготы предприятиям, которые производят экологически чистую продукцию.

2. Социально-экологическая сфера:

- социально-правовые акты экологического направления;

- значительное повышение доли общественного транспорта в перевозках пассажиров и грузов;

- демографические вопросы экологии;

- эколого-экономические приоритеты функционирования общества;

- пропаганда и реализация принципа «ограниченной достаточности».

### 3. Топливо-энергетический комплекс:

- производство «экологически чистых» нефтяных топлив;
- производство альтернативных видов топлива;
- использование возобновляемых видов энергии;
- производство экологически чистой электроэнергии;
- экологическая проработка топливо-энергетического производства.

Для решения поставленной задачи необходим «эколого-экономический механизм», который заставит производителей думать о разумном использовании природных ресурсов, энергосбережении и, в конечном итоге, об экологии. Таким «механизмом» может быть регламентированная экологичность конструкции технического изделия – комплексный показатель экологического качества, определяющий количество загрязнений окружающей среды техническим изделием в процессе его производства (начиная с добычи природных ресурсов), использования и рециклинга.

Загрязнения окружающей среды техническим изделием, т. е. его экологичность, можно определить из выражения:

$$\begin{aligned} \text{ЗОС} &= \text{З}_{np} + \text{З}_n; \\ \text{З}_{np} &= \text{З}_к + \text{З}_m, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\text{З}_{np}$  – загрязнения, получаемые при производстве изделия, характеризующие его производственную экологичность;

$\text{З}_n$  – загрязнения, получаемые при использовании изделия, характеризующие его потребительскую экологичность. Они известны (совокупность химических веществ, количественно и качественно чуждых естественным биогеоценозам; шум, вибрации, теплота, излучения и др.) и достаточно жестко контролируются соответствующими государственными актами;

$\text{З}_m$  – загрязнения, которые определяются технологическим процессом изготовления изделия и характеризуют его технологическую экологичность;

$\text{З}_к$  – загрязнения, зависящие от конструкции изделия, характеризуют его конструкторскую экологичность. Ее можно определить из выражения:

$$Z_k = M_{заг} \frac{K_{перв}}{K_{прир} K_{долг}} + B, \quad (2)$$

где  $M_{заг}$  – масса заготовки изделия;

$K_{прир}$  – коэффициент использования добываемых первичных природных ресурсов, который показывает полезно используемую часть от их общего объема. Средняя его величина составляет 0,015–0,020 [15]. Для материалов с рудным содержанием в десятые и сотые доли процента этот коэффициент может быть значительно (в разы и даже на несколько порядков) ниже. Например, уран, с содержанием в руде всего 0,002 % и меньше, или золото, для добычи 1 кг которого требуется переработать 1000 000 кг породы;

$K_{долг}$  – коэффициент повышения долговечности нового изделия по сравнению с аналогичным существующим. Если долговечность его не меняется, то  $K_{долг} = 1,0$ . Если долговечность увеличивается в несколько раз, то для выполнения того же объема потребительских функций во столько же раз требуется меньше изделий и потребное на их изготовление природных ресурсов, использование которых и определяет многократный уровень снижения загрязнений окружающей среды.

$$M_{заг} = \frac{M_{изд}}{K_{им}}, \quad (3)$$

где  $M_{изд}$  – масса материала изделия;

$K_{им}$  – коэффициент использования материала.

$$K_{им} = \frac{M_{изд}}{M_{заг}}.$$

$K_{им}$  в основном зависит от способа получения заготовки и изменяется в пределах 0,5–0,8. Для некоторых деталей и технологий  $K_{им}$  может значительно отклоняться в ту или другую сторону. При реновации изделий  $K_{им} = 0,98–0,99$ , так как затраты материала на восстановление деталей составляют не более 2 % от массы детали.

Подставив (3) в (2), получим:

$$Z_k = M_{изд} \frac{K_{перв}}{K_{им} K_{прир} K_{долг}} + B,$$

где  $K_{перв}$  – коэффициент, учитывающий количественную долю первичного природного материала в заготовке изделия.

$$K_{перв} = \frac{M_{перв}}{M_{заг}},$$

где  $M_{перв}$  – масса первичного материала в заготовке изделия, получаемого из первичных природных ресурсов. Если при изготовлении изделия используются только первичные материалы,  $K_{перв} = 1,0$  и  $M_{заг} = M_{перв}$ . Если используется и вторичный материал, тогда  $K_{перв} = 0,3–0,7$ , т. е. в общем объеме заготовки 30–70 % приходится на первичный материал, а 70–30 % – на вторичный (утильсырье).

При реновации изделий и восстановлении деталей для компенсации износа используется не более 2 % первичного материала [3, 28, 29], поэтому для них  $K_{перв} = 0,01–0,02$ .

$B$  – выбросы, которые образуются при сгорании топлива. Их величину можно определить из выражения:

$$B = B_{yd} \mathcal{E}_{yd} \frac{M_{изд} K_{перв}}{K_{им} K_{долг}},$$

где  $B_{yd}$  – удельные выбросы на единицу энергоресурсов (кг/Дж);

$\mathcal{E}_{yd}$  – количество энергоресурсов (в кг условного топлива), потребное на производство единицы материала. Этот показатель определяется по статистическим данным (приложение А, [33]).

Качественный и количественный состав выбросов при сгорании топлива зависит от многих факторов: качество самого топлива, конструкции энергетических установок, условий сгорания и др. Точное их определение – это задача специального исследования. Однако в данном случае для сравнительного анализа загрязнений при сгорании топлива в процессе производства различных материалов можно принять условную величину выбросов из уравнения ре-

акции горения углерода ( $C + O_2 = CO_2$ ). Согласно этой реакции, при сгорании выделяется 3,7 кг  $CO_2$  на 1 кг углерода + оксиды азота, серы и другие вещества. То есть на 1 кг условного топлива (7000 ккал/кг) образуется примерно 3,7 кг условных выбросов. Принимаем ее как постоянную величину ( $B_{уд} = 3,7$ ), одинаковую для сжигания всех невозобновляемых природных энергоресурсов. Тогда

$$B = 3,7 \mathcal{E}_{уд} \frac{M_{изд} K_{перв}}{K_{им} K_{долг}}. \quad (4)$$

Подставив выражение (3) и (4) в уравнение (2), и учитывая технологические загрязнения, получим

$$Z_{пр} = K_{техн} \frac{M_{изд} K_{перв}}{K_{им} K_{долг}} \left( \frac{1}{K_{прир}} + 3,7 \mathcal{E}_{уд} \right), \quad (5)$$

где  $K_{техн}$  – коэффициент, учитывающий технологические загрязнения ( $Z_m$ ), объем которых определяется технологическим процессом изготовления изделия (технологические материалы, инструменты, силовое оборудование, транспорт, энергетика, инфраструктура и др.) и в значительной степени зависят от серийности производства. Ориентировочно его можно принять в размере 1,20–1,25 от загрязнений, обусловленных конструкцией изделия. Большее значение – для меньшей серийности.

Количество промышленных выбросов ( $B$ ) можно определить из выражения (4):

$$B = 3,7 \mathcal{E}_{уд} \frac{M_{изд} K_{перв}}{K_{им} K_{долг}}.$$

В качестве примера рассчитаем количество выбросов при изготовлении и реновации условного автомобиля с весовым содержанием стали 2 тонны.

При сжигании 1 кг у.т. согласно реакции горения образуется 3,7 кг  $CO_2$ .

Для выплавки 1 т стали требуется 1,55 т у.т. [33], при сжигании которого в атмосферу выделяется  $(1,55 \cdot 3,7) = 5,735$  т двуокиси углерода.

Мировое производство стали в 2023 г. составило 1,888 млрд т, а мировое производство автомобилей, которое потребляет примерно 7 % стали, – 66 266 842 шт. Средний вес стали в условно принятом автомобиле 2 тонны. Тогда количество стали, использованное для этих автомобилей, определится из выражения

$$66266\ 842 \cdot 2 = 132\ 533\ 684 \text{ т.}$$

Согласно данным агентства Hedges and Company (США) на конец 2023 года по всему миру насчитывается около 1,47 миллиарда автомобилей. За последние 15 лет их количество увеличилось в 1,5 раза. Ежегодно из оборота выводится (по разным источникам) порядка 10 % годового выпуска автомобилей, а это 13 253 368,4 тонн стали, при выплавке которой за год в атмосферу выброшено  $5,735 \cdot 13\ 253\ 368,4 = 76\ 008\ 067,7$  т  $\text{CO}_2$ . За один день выбрасывается:  $76\ 008\ 067,7 / 365 = 208\ 241,3$  т  $\text{CO}_2$ .

Для реновации списанных автомобилей (взамен изготовления новых) и возвращения их в эксплуатацию требуется в 100 раз меньше материала и других ресурсов ( $K_{перв} = 0,01$ ), поэтому выбросы при реновации сокращаются в 100 раз: до 2082,4 тонн в день.

Если восстанавливать все списанные технические изделия, изготовленные из разных материалов: дорожно-строительную технику, транспортную, сельскохозяйственную, бытовую, машиностроительную, горнодобывающую, водные и воздушные суда, приборы и др., то количество выбросов оксида углерода и других загрязнений окружающей среды уменьшается порядка в 100 раз.

Предлагаемый показатель загрязнения окружающей среды каждым изделием учитывает и стимулирует:

- 1) количество загрязнений при производстве изделия, т. е. его экологичность;
- 2) эффективное использование материалов в конструкции изделия;
- 3) улучшение удельных показателей конструкции изделия;

4) снижение материалоемкости и энергоемкости производства продукции;

5) повышение долговечности изделий;

6) многократное использование материалов реновацией и утилизацией этих изделий.

Таким образом, зная массу технического изделия и количество энергоресурсов, затраченное на производство материала для этого изделия, можно определить количество загрязнений, получающихся при его изготовлении и реновации. Этот показатель позволит контролировать загрязнения окружающей среды каждым видом выпускаемой продукции и каждым производителем.

Пример программы расчета ЗОС приведен в [30, 31] и приложении А. Формирование экологичности изделия закладывается на нижеследующих этапах его жизненного цикла:

#### 1. Научно-экологическая проработка продукции:

– экологическое совершенствование существующих конструкций;

– создание альтернативных экологически чистых энергетических силовых установок;

– разработка и создание принципиально новых энергетических установок;

– экологические проблемы производства изделий;

– экологические проблемы использования изделий;

– социально-экологические проблемы создания и использования изделий.

#### 2. Разработка и конструирование изделий:

– экологическая проработка конструкции;

– повышение надежности и долговечности изделий;

– повышение многократности использования изделия, его составных частей и материалов;

– снижение материалоемкости и энергоемкости конструкции изделия;

– улучшение удельных показателей конструкции изделия;

– улучшение экологических показателей конструкции изделия;

- создание принципиально новых экологически чистых изделий.

### 3. Производство изделий:

- экологическая отработка технологии производства изделий;
- повышение коэффициента использования материала ( $K_{им}$ );
- снижение энергоемкости и материалоемкости производства;
- снижение объема использования первичных природных ресурсов.

### 4. Использование изделий:

- организационно-технические мероприятия, направленные на поддержание соответствующего технического состояния изделий и снижение расхода конструкторско-эксплуатационных материалов (сервис, техническое обслуживание, ремонт и др.);
- государственно-правовые мероприятия по организации контроля технического состояния изделий;
- повышение интенсивности использования изделий;
- экологический анализ и контроль использования изделий;
- наличие соответствующей инфраструктуры для использования изделий.

### 5. Рециклинг отработанной и списанной продукции:

- использование годных составных частей изделия по прямому или другому назначению;
- реновация – восстановление изношенных деталей, узлов, агрегатов и изделия в целом до номинальных или близких к ним параметров;
- утилизация изделия – переработка для повторного использования конструкционных, строительных и эксплуатационных материалов, захоронение и уничтожение отходов, непригодных к реновации. Утилизация отдельных частей изделия может производиться на стадии изготовления, использования и реновации.

### 3.1 Разработка конструкции изделия

Экологическое состояние нашей планеты таково, что экологические характеристики новой модели изделия должны быть приоритетными перед всеми другими показателями качества продукции. В процессе разработки изделия, наряду с конструкторско-технологической и экономической отработкой, необходима экологическая отработка по следующим вопросам:

- социально-экологические и экономические условия создания и использования изделий, экологическая проработка и совершенствование существующих конструкций;

- повышение надежности и долговечности изделия;

- улучшение удельных показателей конструкции изделия;

- повышение коэффициента использования материала;

- повышение многократности использования изделия, его составных частей и материалов путем ремонтных воздействий и реновации;

- снижение материалоемкости и энергоемкости конструкции изделия;

- эколого-технологическая отработка изделия, минимизирующая загрязнения окружающей среды на всех этапах его жизненного цикла;

- ремонтная и реновационная пригодность изделия, позволяющая с минимальными инвестициями восстанавливать номинальные параметры и сохранять ранее затраченные ресурсы на его производство;

- разработка и создание принципиально новых экологически чистых изделий и энергетических установок.

Продление срока службы дорогостоящей, материалоемкой продукции и повышение ее надежности является важнейшим направлением ресурсосбережения [8]. Как было указано выше, при производстве материалов из первичных природных ресурсов получается свыше 95 % отходов, которые и загрязняют биосферу. Поэтому все технические, организационные и другие воздействия, направленные на увеличение ресурса изделий, являются наиболее экологически эффективными. Удвоение срока эксплуатации,

например автомобиля, в 2 раза сокращает использование природных ресурсов для его производства также в 2 раза, при этом в десятки раз снижается загрязнение окружающей среды. Последнее обстоятельство сегодня является императивным фактором во всех сферах человеческой деятельности.

Долговечность изделий – это один из основных показателей объема использования природных ресурсов в жизнедеятельности общества. Она является в настоящее время не только технико-экономическим, но и важнейшим экологическим показателем, который необходимо регламентировать и стимулировать. Все методы повышения долговечности изделий являются наиболее эффективными в плане ресурсосбережения, снижения загрязнений окружающей среды и решения экологической проблемы нашей планеты. Важнейшим направлением в этом плане является упрочнение рабочих поверхностей деталей машин.

### **3.2 Методы и способы упрочнения поверхностей трения**

Большинство отказов (свыше 95 %) технических изделий происходит из-за износа поверхностей трения деталей [11, 12, 41, 42, 45]. Величина износа не превышает 0,5 % от веса детали, сопряжение теряет запланированную работоспособность, но при этом прочностные характеристики сохраняются на прежнем уровне. Для повышения долговечности сборочных единиц рабочие поверхности деталей машин подвергаются специальной упрочняющей обработке:

1. Плосковершинное хонингование.
2. Различные виды закалки, в том числе закалка ТВЧ.
3. Способы финишной антифрикционной безабразивной обработки:
  - натирание поверхности трения графитом, дисульфидом молибдена и др.;
  - антифрикционное латунирование (меднение и др.) поверхности трения.
4. Химико-термическая обработка.
5. Алмазное выглаживание и вибровыглаживание.
6. Вибрационная обкатка.

7. Химико-механическое натирание.
8. Металлоплакирующая обкатка.
9. Ионно-плазменное напыление нитрида титана.
10. Электрохимическая обработка – фосфатирование, оксидирование, в т. ч. анодирование, корундирование (поршней).
11. Поверхностное деформирование – при наклепе усталостная прочность возрастает в несколько раз (пружин – в 2 раза, рессор – в 10 раз). Глубина наклепа до 1 мм. Твердость повышается до 20 %.
12. Парооксидирование – создание окисной пленки на поверхности трения обдувкой сухим горячим паром. Образуется прочная, износостойкая, синеватая окисная пленка.
13. Поверхностная обработка холодом.
14. Лазерный метод обработки – поверхностная термическая, химико-термическая обработка лазерным лучом, поверхностная лазерная аморфизация.
15. Электроискровое легирование поверхности.
16. Обработка в импульсном магнитном поле.
17. Облучение поверхности трения  $\alpha$ -частицами, при котором используется эффект аномального трения.
18. Упрочнение поверхности взрывом.
19. Детонационное напыление поверхности детали износостойким материалом.
20. Гальванические покрытия: хромирование гладкое, пористое, кластерное, антифрикционные материалы в различных сочетаниях, оксидирование поверхностей трения.
21. Ультразвуковая модификация поверхностей трения – ударная ультразвуковая обработка поверхности детали.
22. Наплавка поверхностей трения.
23. Газопламенное напыление различных материалов.
24. Электромеханическая обработка деталей.
25. Эпиламирование – создание многофункциональных наноразмерных мономолекулярных пленок на рабочих поверхностях деталей.

Одним из современных прогрессивных путей повышения долговечности машин является технология финишной антифрикционной безабразивной обработки, разработанная на основе явления из-

бирательного переноса при трении, открытого в 1962 году Д. Н. Гаркуновым и А. А. Поляковым [8]. В процессе трения под воздействием химических, физических, электродинамических сил на поверхностях деталей генерируется тонкая сервовитная («сохраняющая жизнь») пленка пластичного материала (например, меди, полимера и др.), которая выполняет роль высококачественной смазки. Для реализации безызносного трения в смазке или топливе необходимо наличие соответствующего материала – присадки.

Благодаря температурным, электродинамическим, окислительно-восстановительным и другим реакциям на трущихся поверхностях деталей формируется металлокерамический (металлический) нанослой – сервовитная пленка, строительным материалом для которого служат активные компоненты присадки. Пара трения «металл-металл» заменяется другой парой трения в зависимости от материала присадок [8, 34] (рисунок 3.1).

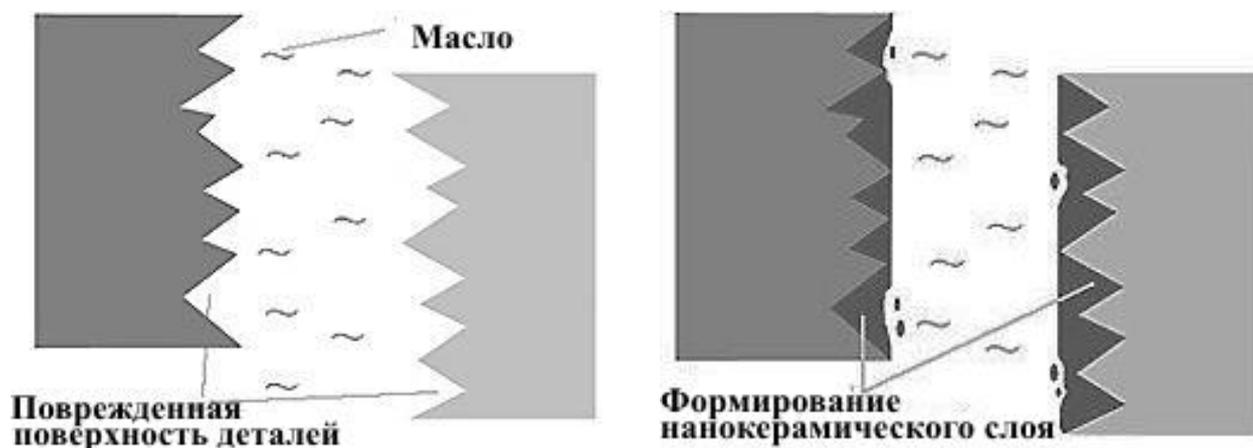


Рисунок 3.1 – Схема действия эффекта безызносности

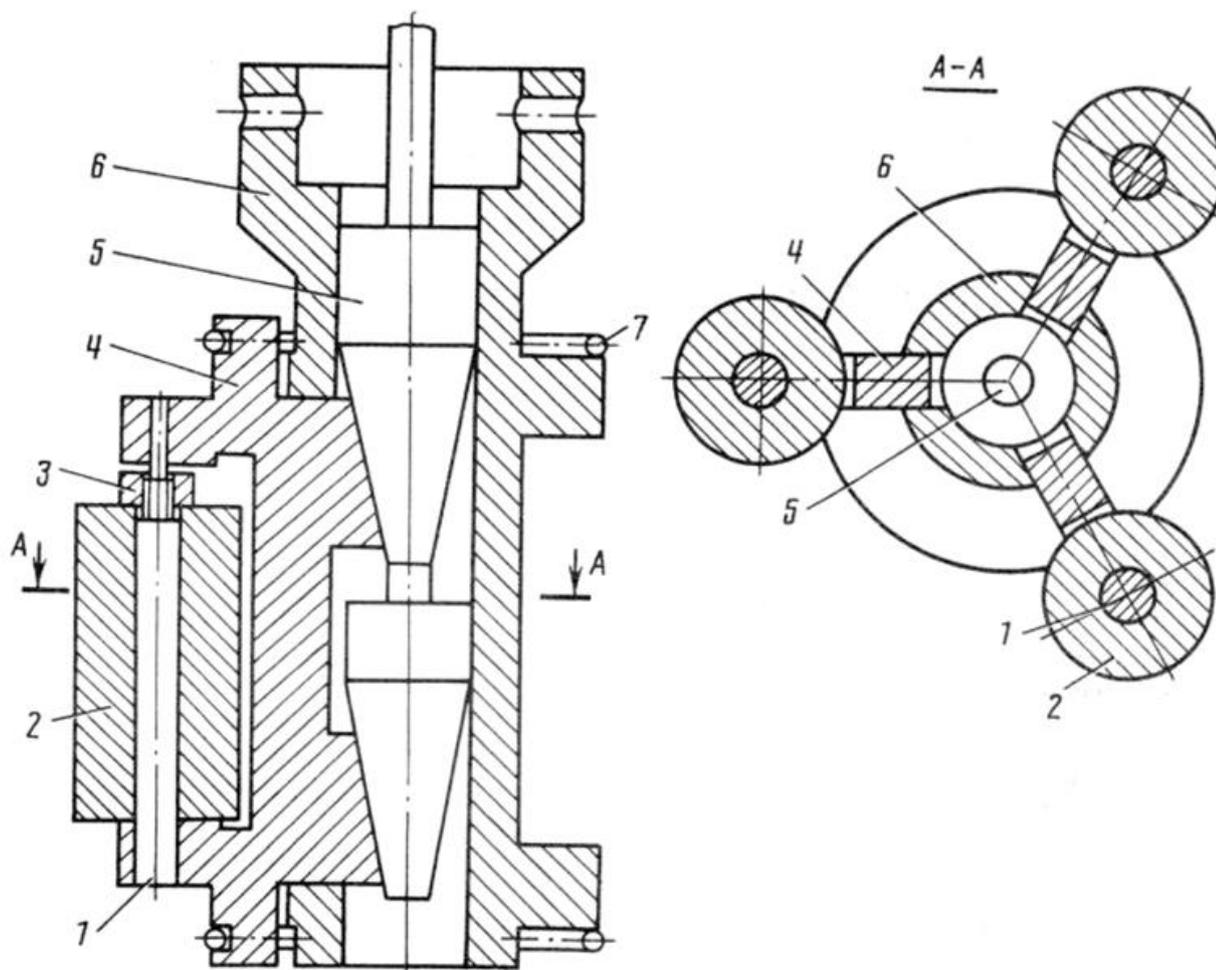
В ходе образования нанополимерного, наномедного, наноалюминиевого или другого слоя разность потенциалов покрытия детали и смазки с присадкой выравнивается, температура в зонах трения уменьшается, рост толщины покрытия замедляется вплоть до полного его прекращения. При выработке сервовитного слоя первоначальный процесс возобновляется. Таким образом, происходит саморегуляция толщины защитного слоя. Образующийся нанослой обладает повышенной прочностью и оптимальной шероховатостью, низким коэффициентом трения, по сравнению с металлом, детали, поэтому износ значительно замедляется.

Использование технологии финишной антифрикционной безабразивной обработки в сочетании с металлоплакирующими присадками или без них позволяет увеличить ресурс двигателей внутреннего сгорания и агрегатов гидросистемы машин в 1,3–2,5 раза; снизить расход моторного масла на 20–30 %, уменьшить расходы топлива на 5 %; сократить продолжительность обкатки двигателей, расхода топлива и электроэнергии в 1,3–2 раза, а также значительно снизить простои машин из-за уменьшения числа ремонтов за срок их службы [8]. В конечном итоге перечисленные мероприятия способствуют не только повышению долговечности изделий, ресурсосбережению, но и кратному сокращению загрязнений окружающей среды.

В числе перечисленных способов упрочнения поверхностей трения значительный интерес представляет простейшая технология финишного антифрикционного латунирования и меднения деталей машин методом линейного и точечного фрикционного контакта, который обеспечивается совместным вращением контактируемых поверхностей детали и ролика-инструмента, разработанная в Автомобильно-дорожном институте (филиале) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка. Технология не требует специального оборудования, а простейшая оснастка может быть изготовлена к любому металлорежущему станку [2, 19, 23, 24].

На рисунках 3.2 и 3.3 представлена схема и общий вид приспособления для латунирования на хонинговальном станке, латунированные и обработанные гильзы (рисунки 3.4, 3.5). Новизна технологии в составе специальной технологической жидкости; в возможности получать покрытия, толщиной от 1 до 20 мкм за счет высокого удельного давления в зоне фрикционного контакта; в простоте и высокой производительности процесса.

Латунирование деталей типа «тела вращения» проводится на токарном станке с помощью электрической дрели, в которой закрепляется латунный ролик соответствующего диаметра и длины. Такой же дрелью вручную можно натирать различные поверхности трения [2].



1 – ось латунного натирающего ролика; 2 – латунный натирающий ролик; 3 – гайка; 4 – колодка; 5 – шток конический; 6 – корпус хонинговальной головки; 7 – пружина

Рисунок 3.2 – Приспособление к стандартной хонинговальной головке для нанесения медьсодержащих покрытий на гильзы цилиндров

Машинное время для нанесения покрытия, например, на зеркало гильзы цилиндров ДВС на хонинговальном станке 0,3–1,0 мин. Тонкий слой латуни покрывает гребешки и впадины шероховатостей поверхности, в результате чего удельная нагрузка в начальный момент работы деталей в зоне контакта уменьшается в 10–100 и более раз. Кроме того, слой латуни (или другого натираемого материала) выполняет функцию высококачественной и термостойкой смазки, способной выдерживать большие нагрузки.



Рисунок 3.3 – Общий вид приспособления на станке



Рисунок 3.4 – Латунированная гильза



Рисунок 3.5 – Латунированные гильзы тепловозного двигателя

В результате такой обработки значительно снижается коэффициент трения. Износ сопрягаемых пар трения за время обкатки снижается многократно, а срок службы сопряжений увеличивается в 2,5–4,0 раза. Снижается и удельный расход топлива на 3–5 % за счет уменьшения механических потерь на трение.

Антифрикционное латунирование рабочих поверхностей нивелирует погрешности предшествующей обработки. После натирания шероховатость поверхности снижается в 2–4 раза (с 2–3 до 0,5–1 мкм), что позволяет уменьшить точность и стоимость предшествующей обработки. Особенно эффективен данный способ при обработке зеркала гильз цилиндров ДВС, работающих при высокой температуре (свыше 1500 °С) в ухудшенных условиях смазки. Ресурс поршневой группы увеличивается в 2–4 раза.

Технология латунирования может быть использована для повышения долговечности прецизионных сопряжений топливной и гидравлической аппаратуры, плунжерных и шестеренчатых насосов,

валов, шестерен и других деталей машин, работающих в условиях интенсивного изнашивания. Механическое (фрикционное) натирание на поверхность трения слоя латуни толщиной до 1–10 мкм обеспечивает качественную приработку, 100 % задиростойкость, защиту от водородного износа и увеличивает срок службы узлов трения в 3–5 раз.

Для фрикционно-химического меднения шеек вала используется любое прижимное устройство с тампоном, смоченным специальной технологической жидкостью, до шейки вращающегося вала. Скорость вращения 25–60 об/мин, усилие прижатия 7–10 кг/см<sup>2</sup> [27].

Себестоимость обработки не превышает 0,5 % от стоимости детали.

### **3.3 Подготовка производства**

На этапе подготовки производства изделия предполагается добыча и переработка сырья, производство конструкционных и строительных материалов. Добыча сырья сопровождается переработкой огромного количества породы, в десятки и сотни раз превышающее содержание полезного компонента [9]. Наблюдаемая в настоящее время тенденция – среднее содержание железа в сырой руде за последние 30 лет уменьшилось с 51 до 30 %, а расход сырой руды возрос с 1,2 до 2,5 т на производство 1 т товарной руды. Для промышленной разработки цветных металлов принимаются месторождения с содержанием основного компонента даже значительно ниже 1 %, а для редкоземельных металлов – 0,01–0,002 %.

При добыче и переработке сырья происходят ландшафтные и горно-геологические изменения, пылевые загрязнения, большое количество выбросов аэрозолей, углекислого газа, оксидов азота, серы, соляной кислоты, угарного газа, углеводородов и др.

На этапе производства конструкционных и строительных материалов основными источниками загрязнения окружающей среды и потребления природных ресурсов являются технологические процессы производства черных и цветных металлов, резинотехнических изделий и синтетики, моторных топлив и масел, дорожно-строительных материалов. Для этого используются минеральные

ресурсы и энергия (электрическая, тепловая, химическая, механическая), при получении которой в биосферу попадает большое количество вредных выбросов, отходов и сбросов (газы, тепло, технические жидкости, пыль, шлаки и др.).

Источниками выбросов вредных веществ при производстве черных металлов являются: машины для обжига окатышей, охладители, грохоты, доменные печи, установки грануляции шлака, коксовые батареи, башни тушения кокса, вагоноопрокидыватели, мартеновские печи, конверторы, электропечи, вагранки, сушильные барабаны и др. (рисунок 3.6) [18].

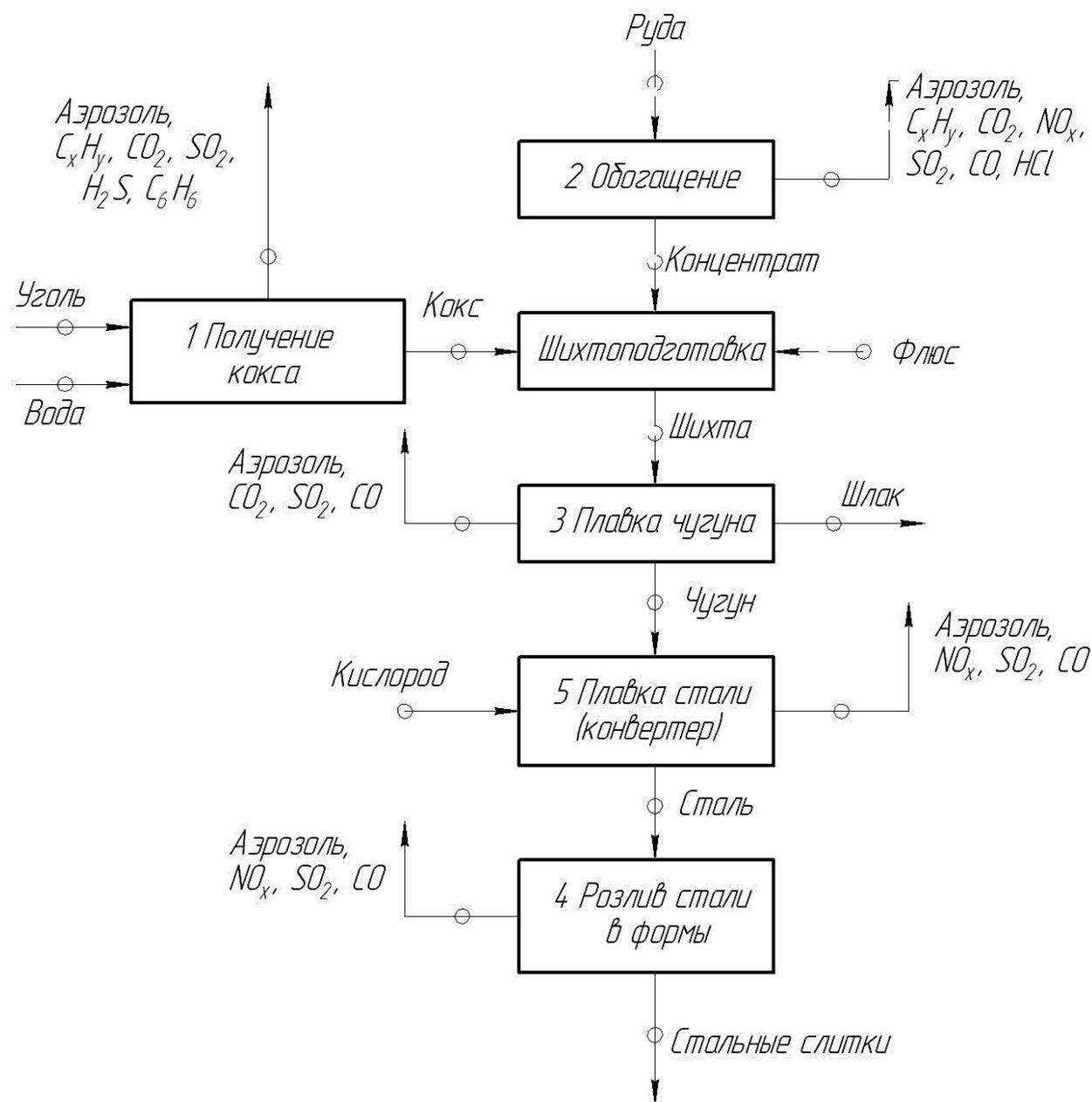


Рисунок 3.6 – Технологическая схема производства стали и выбросы вредных веществ

Загрязнение воздуха производится аэрозолями и вредными веществами с дымовыми газами. Коксовые печи, литейное производство, сталеплавильные печи являются источниками выбросов углеводородов.

Источники загрязнений при производстве алюминия: печи спекания глинозема, шаровые мельницы измельчения, печи кальцинации глинозема, электролизеры. Алюминий производят методом рафинирования бокситов до глинозема и восстановлением глинозема в электролизерах с самообжигающимися анодами для отделения  $O_2$  от металлического алюминия (рисунок 3.7).

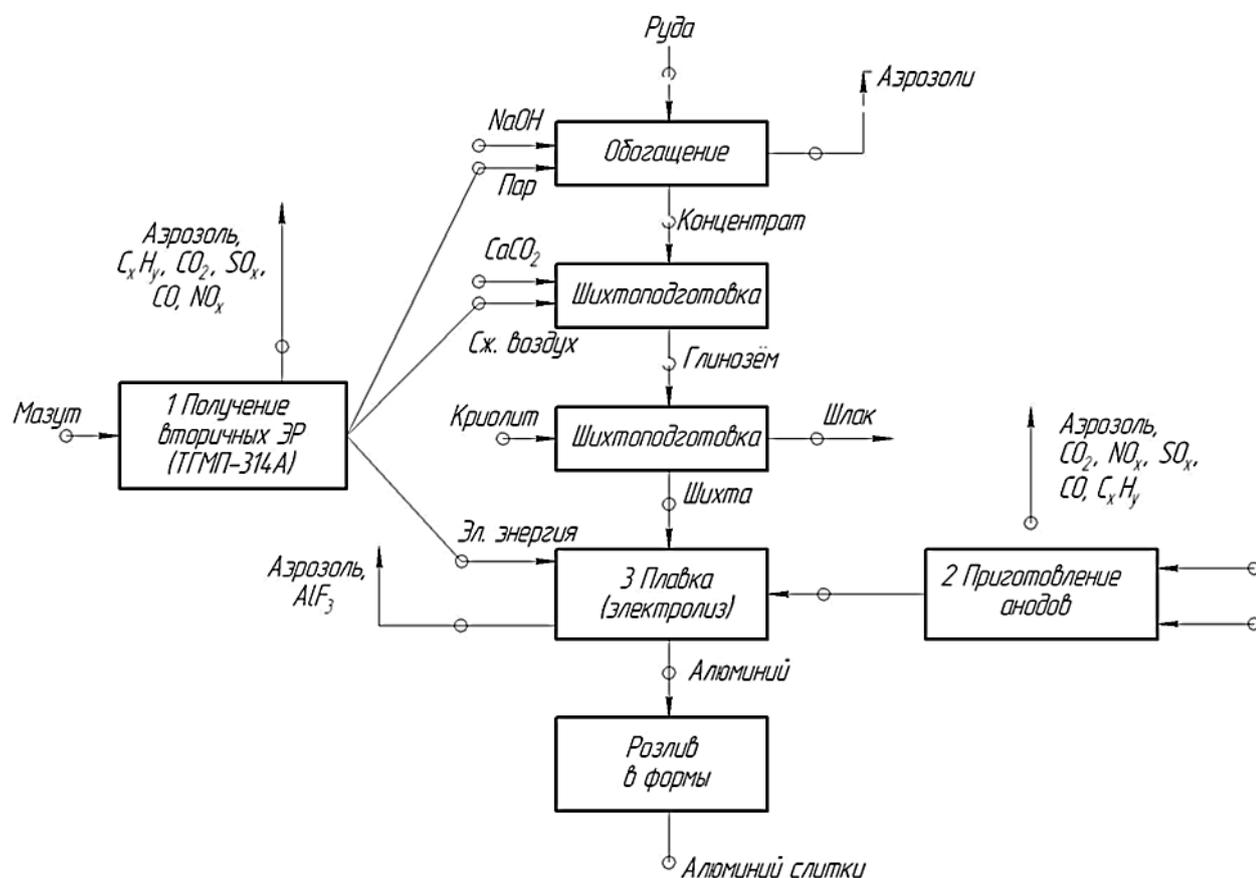


Рисунок 3.7 – Технологическая схема производства алюминия и выбросы вредных веществ

В процессе используют концентрированный раствор  $NaOH$  для вымывания глинозема из бокситов. Материал бокситов дробят и вываривают в нагретом каустическом растворе. Раствор фильтруют для удаления осадка и остужают. Приготовленный материал фильтруют и кальцинируют для получения оксида алюминия.

Электроплавка алюминия осуществляется в электролизерах. Расходуемые угольные аноды являются источниками выброса уг-

лерода, реагирующего с  $O_2$ , высвобождающимся при электролизе. В электролизерах используют цельный анод, полученный введением углеродной пасты, состоящей из смеси нефтяного и угольного пека, в оболочку анода.

Производство других цветных, редкоземельных металлов и синтетических материалов также предопределяет огромное количество отходов. Так, для получения 1 т свинца требуется породы, топлива, воды и других компонентов примерно 1000 т [1].

Производство ядерного топлива состоит из трех этапов изготовления тепловыделяющей сборки, которая в итоге попадает в активную зону реактора. Первый этап: добыча необогащенной урановой руды (уранового кека). Второй этап: изотопное обогащение (разделение изотопов) полученного концентрата природного урана. В него входит два этапа – перевод закиси-окиси урана в газообразную форму гексафторида урана и разделение такой газифицированной смеси изотопов на высокоскоростных центрифугах. Третий этап: изготовление тепловыделяющих элементов в виде небольших цилиндров, которые помещаются в трубки тепловыделяющей сборки.

Каждый этап требует дорогостоящего и энергоемкого специального оборудования, огромного количества химических препаратов, поэтому ЗОС получается весьма значительным.

Общее потребление урана всеми странами за 50 лет приблизилось к 1,5 млн т. Для этого понадобилось переработать не менее 10 млрд т горной массы, т. е. в 6600 раз больше произведенного урана [1], при этом более-менее точных сведений о количестве потребленной энергии и получаемых других загрязнений в литературе не приводится.

### **3.4 Изготовление изделий**

Для изготовления деталей, узлов и изделия в целом необходимы производственные мощности в виде производственных площадей, технологического оборудования, оснастки, манипуляторов, инструментов, конвейерных линий и др., создание и работа которых требуют также много материалов, энергии и сопровождается значительными технологическими загрязнениями. Экологическая отработка технологии производства изделий предполагает сниже-

ние энергоемкости и материалоемкости производства путем применения прогрессивных методов организации, современных ресурсосберегающих технологий и оборудования.

### **3.5 Использование изделия в период нормативного срока службы**

На данном этапе загрязнения окружающей среды получают при использовании топлива, других видов энергии, конструкторско-эксплуатационных материалов, функционировании различной инфраструктуры, обслуживающей соответствующие объекты производства. Вопросам ЗОС при использовании технических изделий посвящено достаточно большое количество исследований и практических работ. Существуют государственные стандарты и регламенты, которые определяют уровень токсичности использования изделий. Эти показатели потребительской экологичности изделия нормируются и контролируются законодательством всех стран.

В процессе использования технической продукции для поддержания ее нормальной работоспособности применяется комплекс ремонтно-профилактических работ. Необходимость ремонтных воздействий обусловлена природой самого технического изделия. Ремонт является объективной необходимостью поддержания заданного технического состояния и нормального функционирования изделия в производственном процессе. Этот закон сформулировал в XIX веке К. Маркс: «...какой бы совершенной конструкции машина не вступала в процесс производства, при ее употреблении обнаруживаются недостатки, которые приходится исправлять дополнительным трудом. Чем больше изношен и старчески ослаб материал, из которого она сделана, тем значительнее становятся ремонтные работы, необходимые для того, чтобы поддержать существование машины до конца периода средней продолжительности ее жизни». Различные детали и узлы машин имеют неодинаковый ресурс, поэтому возникает потребность в ремонте в различные моменты времени. Актуальность ремонтных и реновационных работ в настоящее время настоятельно диктуется прогрессивным ухудшением экологического состояния планеты [3].

Для более четкого и реального разграничения производственной деятельности под термином «ремонт» следует понимать устранение неисправности путем замены части изделия, регулировку, техническое обслуживание, несложную слесарно-механическую обработку, мойку, очистку и др. Сюда же следует отнести и капитальный ремонт, когда изношенные детали заменяют запасными частями, изготовленными из первичных ресурсов, или восстановленными.

Ремонт выступает как мера обеспечения нормативной безотказности изделия в течение установленного срока их службы, позволяет значительно сблизить сроки физического и морального износа изделий и повысить их технический уровень. Современные технологические процессы и методы организации ремонта машин и их составных частей позволяют достичь нормативной наработки, а в отдельных случаях и превзойти ее.

Вполне очевидно, что всевозрастающий масштаб промышленного производства, влечет за собой такое же развитие ремонтного производства. Это закон функционирования техносферы и его игнорирование может привести и уже приводит к необратимым экологическим последствиям, так как вопросами ремонта и реновации изделий общество просто не хочет заниматься на должном научно-техническом, экологическом, социальном, экономическом и государственном уровне. Как правило, производители массовой продукции вопросами ее использования, реновации и утилизации вообще не занимаются.

Основные загрязнения на этапе ремонта происходят при выполнении различных технологических операций, связанных с техническим обслуживанием и ремонтом изделий: мойка, очистка, сварка, наплавка, слесарно-механические, покрасочные и другие виды работ.

### **3.6 Реновация отработанных технических изделий**

Реновация (лат. *renovatio* – обновление, возобновление) – это восстановление и модернизация отработанного технического изделия до номинальных или близких к ним параметрам.

В большинстве случаев основная причина выхода из строя оборудования заключается в износе контактирующих поверхностей деталей. По причине износа происходит необратимое изменение размеров, шероховатости, формы и свойств поверхностного слоя

контактирующих деталей, в результате чего нормальная работа нарушается. Вместе с тем внутренние слои материала изделия остаются, как правило, практически нетронутыми. Если удалить наружный, дефектный слой материала детали, а вместо него нанести новый слой, обработать его до номинальных параметров – и изделие вновь готово к использованию.

Современные методы и способы восстановления деталей позволяют обеспечить не только номинальные, но и более высокие их параметры с себестоимостью 10–30 % от новых, изготовленных из первичных ресурсов. Если учесть все затраты на добычу, переработку материалов и энергию, то показатель себестоимости будет значительно (кратно) ниже. Поэтому реновация и ремонт, имея высокие технико-экономические показатели, выступают как технологические методы значительного повышения срока службы изделия, т. е. его долговечности [11, 12, 14, 21, 37].

### 3.6.1 Целесообразность восстановления деталей

В процессе использования технических изделий происходит физическое старение материала деталей, изменение его структуры и износ. Ежегодно в мире выводится из оборота свыше 10 % различных сложных технических изделий в большинстве случаев (свыше 90 %) по причине весового износа деталей менее чем на 0,5 %. Величина износа деталей, например автомобиля, в процессе эксплуатации очень незначительна (таблица 3.1), поэтому первичных ресурсов и материала для его компенсации при восстановлении требуется на 1–2 порядка меньше, чем для изготовления.

Таблица 3.1 – Распределение деталей по износу рабочих поверхностей после регламентного цикла [12]

Износ деталей, мм	% деталей с данным износом
0,01–0,07	42,2
0,07–0,14	23,2
0,14–0,21	11,1
0,21–0,28	7,5
0,28–0,35	5,0
0,35–0,42	3,7
0,42–0,49	2,2
свыше 0,49	5,1

Затраченные на их изготовление материальные, энергетические, финансовые, трудовые, невозобновляемые природные и другие ресурсы использованы не более чем на 1 %. Сохранить большую часть этих ресурсов и кратно снизить загрязнение окружающей среды списанной продукцией, призвана система реновации и ремонтов технических изделий. Необходимость в ней объективно обусловлена технико-экономическими и экологическими факторами:

1. Различные сборочные единицы машин имеют неодинаковый ресурс, потому что дефекты деталей возникают в результате воздействия многих факторов: изнашивание пар трения, нагрузки, скорость трения, температура, влажность, материал деталей, качество поверхности трения, смазка рабочих сопряжений, условия эксплуатации и т. д. – это функция более десятка переменных, однозначно решить которую невозможно. Поэтому создание равнопрочной машины, у которой все детали выходят из строя одновременно, невозможно даже теоретически. Можно значительно увеличить ресурс, однако в конце регламентного цикла все детали будут значительно (от 10 до 100 %) разниться по своей дальнейшей пригодности. Именно поэтому потребность в ремонтных воздействиях возникает в различные моменты времени использования машины.

2. Реновация является объективной необходимостью функционирования машинного производства и выступает как мера обеспечения нормативной безотказности технического изделия в течение установленного срока его службы и увеличения его долговечности [3, 4, 37, 38].

3. Ремонтные воздействия позволяют использовать сохранившуюся потребительскую стоимость изделия в виде остаточной долговечности самого изделия или его частей с минимальными технико-экономическими и экологическими потерями. Это технически вполне осуществимо, т. к. средний износ детали весьма незначительный и для его компенсации наращиваемого материала требуется, по крайней мере, на один-два порядка меньше по сравнению с новой деталью. Следовательно, в таком же соотношении снижается потребление первичных природных ресурсов и загрязнение окружающей среды.

На запасные части расходуется до 40 % всего выплавляемого черного металла, третья часть цветного металла и пластмасс. В то же время свыше 60 % изношенных, но сохранивших свыше 99 % высококачественного материала, деталей выбрасывается безвозвратно или частично поступает на переработку, при которой более половины металла теряется. Особенно это характерно для транспортной, сельскохозяйственной и дорожно-строительной техники, ремонт которой осуществляется в мелких кустарных мастерских, в основном заменой изношенных деталей.

4. Реновация технических изделий с их модернизацией, позволяет значительно сблизить сроки физического и морального износа, повысить технический уровень и в конечном итоге увеличить их долговечность [4].

5. Реновация экономически целесообразна. Обследование ремонтного фонда показывает, что около четверти деталей изношены в допустимых пределах и могут быть использованы повторно, а 60 % могут быть восстановлены до номинальных параметров при себестоимости 10–30 % от цены новых деталей [11, 41, 42].

6. Учитывая высокие экологические показатели реновации изделий, в нынешних условиях экологической опасности ее экономическая эффективность возрастает многократно.

7. Ограниченные природные запасы невозобновляемых материалов и энергетических ресурсов требуют развития ремонтного и реновационного производства, которое при минимальных инвестициях не только сохраняет природные ресурсы, но и снижает ЗОС. Так, при восстановлении 1 т стальных деталей за счет исключения металлургического процесса экономится 180 кВт·ч электроэнергии; 0,8 т угля; 0,8 т известняка и 175 м<sup>3</sup> природного газа [38].

8. Экологическая необходимость реновации обусловлена тем, что при ремонтных воздействиях в десятки раз меньше используются материальных, энергетических, трудовых и других ресурсов, чем при изготовлении новых, из первичных природных ресурсов. А загрязнение окружающей среды снижается еще больше. Например, на изготовление коленчатого вала двигателя ЗИЛ необходимо 149 кг стали, а на восстановление – 2,5 кг, что в 59 раз меньше. Значит и ЗОС снижается в таком же соотношении [28]. Это самое экологически чистое производство.

9. Реновация не требует значительных инвестиций, она может быть реализована на базе предприятий – производителей продукции.

Современная наука и техника представляют огромные возможности для эффективного восстановления изношенных деталей машин. Характерной особенностью всех способов и методов восстановления является минимальное потребление всех ресурсов – на один-два порядка меньше первичного производства, которое и обуславливает такое же снижение загрязнений окружающей среды. Ниже приводится краткая характеристика основных современных технологий восстановления деталей машин. Все они имеют определенные достоинства и недостатки, но главное их предназначение состоит не только в повышении долговечности изделий, но и в сохранении невозобновляемых природных ресурсов и снижении ЗОС [11, 21, 26, 29].

### 3.6.2 Классификация методов и способов восстановления деталей

В настоящее время существует множество методов и способов восстановления деталей (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Методы и способы восстановления деталей

## **Требования к методам и способам восстановления деталей:**

1. Восстановление первоначальных параметров детали.
2. Деталь не должна снижать показатели прочности и износостойкости.
3. Наносимый слой должен иметь надежную прочность сцепления с основой.
4. Механическая обработка после восстановления должна быть простой и нетрудоемкой.
5. Материалы для восстановления не должны быть дефицитными и дорогими.
6. Экономичность технологии восстановления.
7. Экологичность технологии восстановления.

Восстановление первоначальных посадок сопряжений способом регулировки и пригонки осуществляется, как правило, в процессе эксплуатации изделия во время проведения текущих ремонтных работ. Они регламентируются конструкцией изделия и не требуют вообще сколько-либо значительных затрат различных ресурсов.

**Способ ремонтных размеров** предполагает обработку изношенной поверхности под следующий ремонтный размер и установку ремонтной детали. Наиболее сложная и дорогостоящая деталь (коленчатый вал) обрабатывается в ремонтный размер по изношенным шейкам, а сопрягаемая (вкладыш) – заменяется новой или восстанавливается под ремонтный размер. Это простой хороший способ, но требуется большое количество деталей различных ремонтных размеров, увеличивается номенклатура запасных частей, усложняется организация процессов комплектования деталей, сборки и хранения.

**Способ дополнительной ремонтной детали.** Суть данного способа заключается в том, что с детали удаляется изношенный слой и на это место устанавливается дополнительная ремонтная деталь (рисунок 3.9). При этом сохраняется номинальный размер. Постановку дополнительной ремонтной детали применяют для компенсации износа рабочих поверхностей и при замене изношенной или поврежденной части детали. Формы дополнительных ремонтных деталей могут быть самые разнообразные: гильзы; кольца; шайбы; пластины; резьбовая втулка, шлицевая часть валов и др.

Дополнительные ремонтные детали изготавливаются из того же материала, что и основная деталь. После постановки и закрепления окончательную механическую обработку дополнительной ремонтной детали проводят под номинальный размер [20].

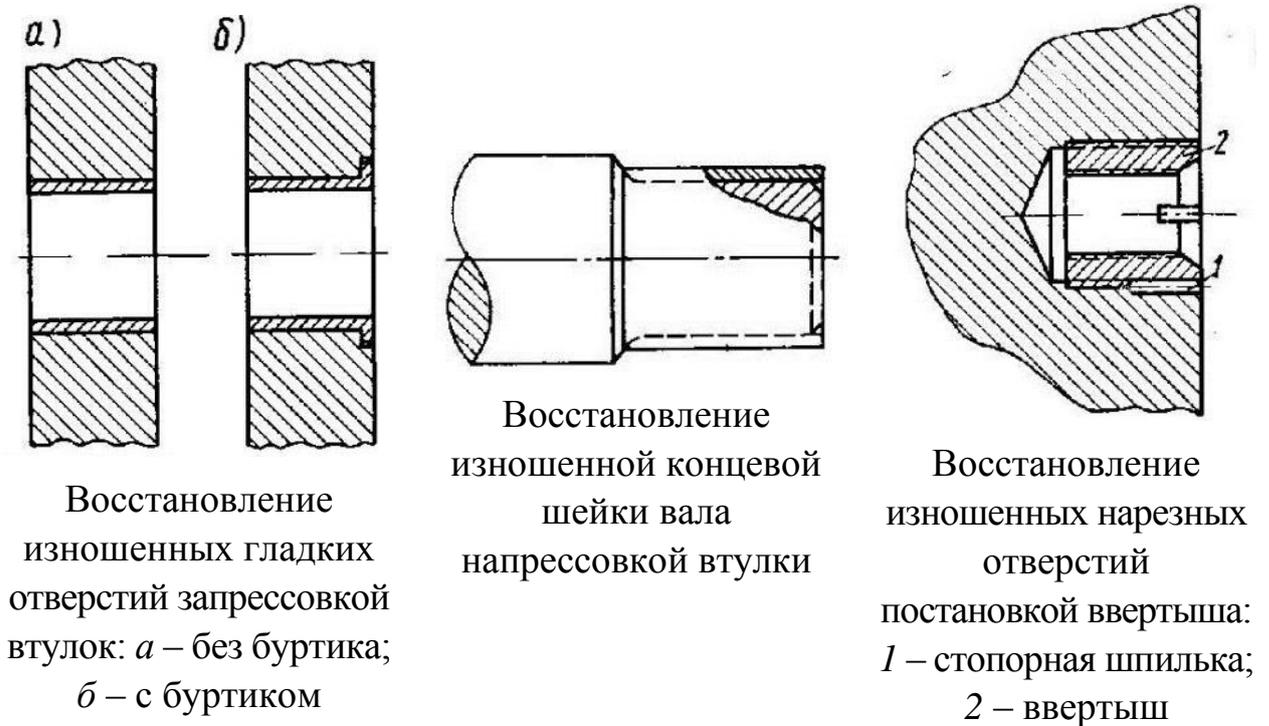


Рисунок 3.9 – Восстановление деталей методом дополнительной ремонтной детали

Наибольшее распространение при восстановлении деталей получил способ сварки и наплавки. Достоинства способа: широкая универсальность; высокое качество, относительная простота; возможность использования различных материалов [32, 38].

Однако в процессе сварки в результате температурного воздействия появляются зоны термического влияния (ЗТВ) – это участок материала в зоне сварочного шва, который подвержен нагреву, в результате чего в металле возникают структурные изменения, снижающие физико-механические свойства материала (рисунок 3.10).

За счет высокой температуры образуются оксиды, нитриды, карбиды металлов, появляются структурные изменения, внутренние напряжения, микротрещины, которые приводят к снижению усталостной прочности. Этот фактор необходимо учитывать при восстановлении деталей (рисунок 3.10, таблица 3.2).

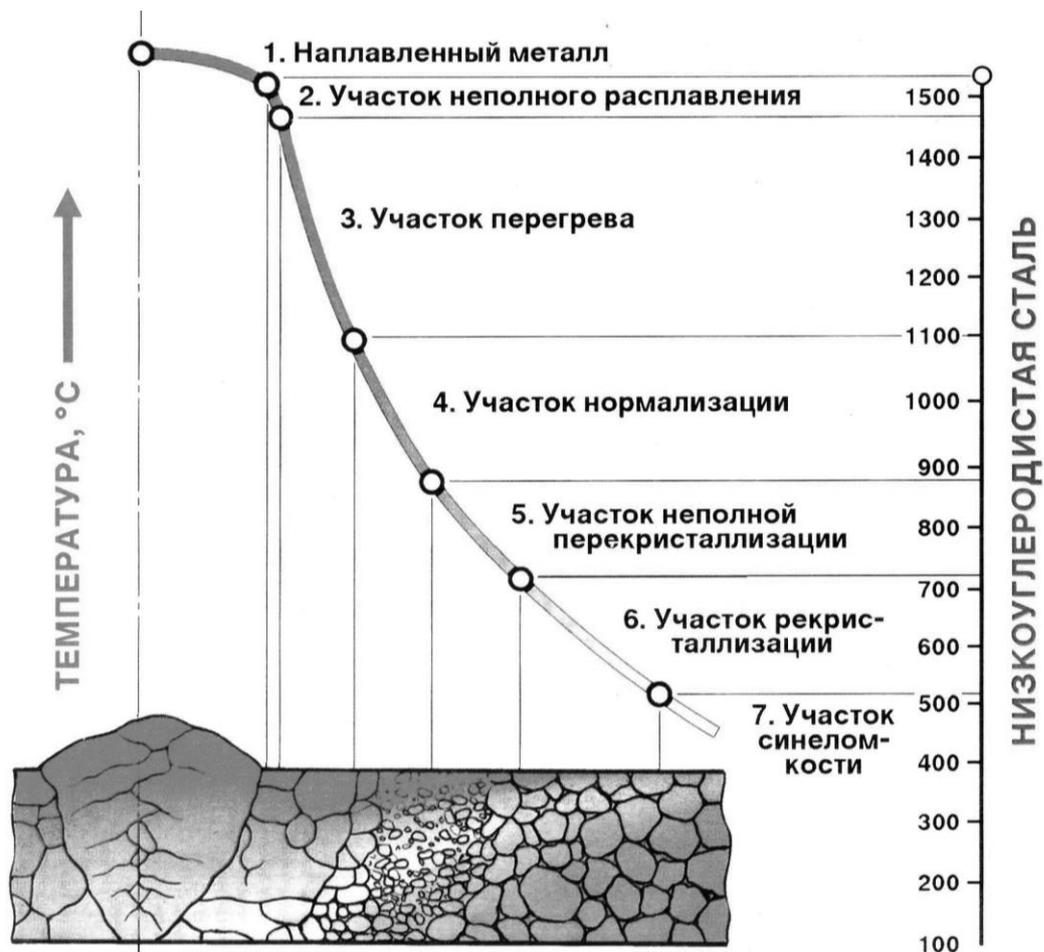
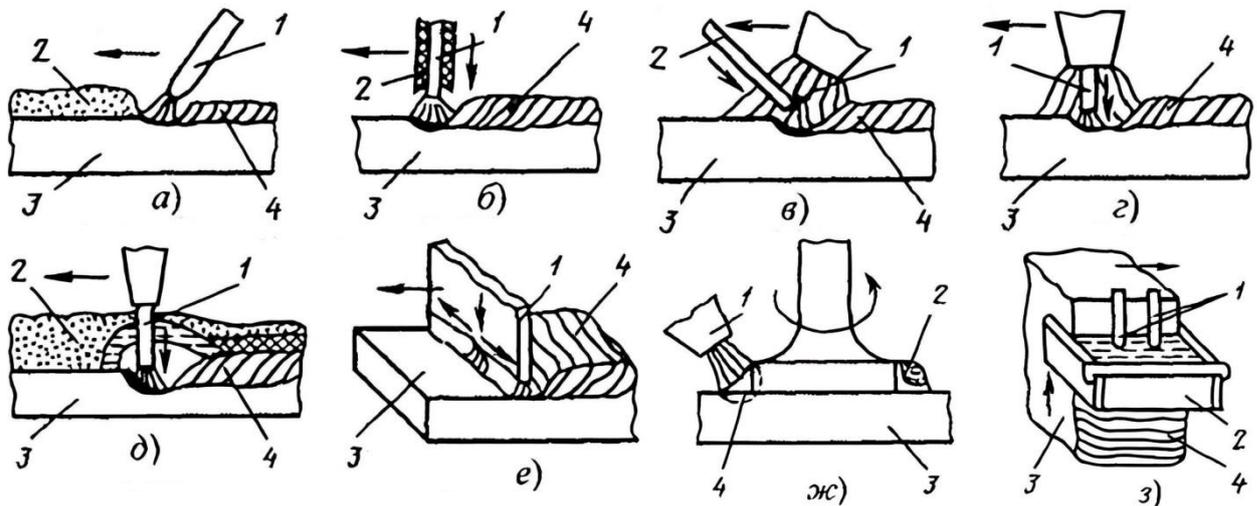


Рисунок 3.10 – Зона термического влияния при сварке

Таблица 3.2 – Характеристика участков ЗТВ

№ п/п	Структура металла	Температура, °С	Ширина, мм
1.	Столбчатая, литая, с пониженными механическими свойствами	1530±5	1/2 ширины шва
2.	Рост зерна, образование игольчатой структуры с повышенной хрупкостью	1530–1470	0,1–0,4
3.	Крупнозернистое строение с пониженной ударной вязкостью и пластичностью	1470–1100	3–4
4.	Измельчение зерна, повышение механических свойств	1100–880	0,2–4,0
5.	Смешанное строение из мелких и крупных зерен с пониженными механическими свойствами	880–720	0,1–3,0
6.	Восстановление формы и размеров зерен металла	720–510	0,1–1,5
7.	Структурных изменений не имеет	510–200	0,8–12

Грамотный выбор присадочных материалов, оборудования, режимов обработки, способов сварки и наплавки позволяет использовать их даже для самых ответственных изделий. Схемы различных способов электрической сварки и наплавки представлены на рисунке 3.11.



*a* – угольным (графитовым) электродом *1* с расплавлением слоя сыпучего зернистого наплавочного сплава *2*, на поверхность детали *3*; *б* – ручной дуговой сваркой покрытым электродом *1* с легирующим покрытием *2*; *в* – неплавящимся вольфрамовым электродом *1* в защитных инертных газах с подаваемым в дугу присадочным прутком *2*; *г* – плавящимся электродом *1* в защитных (инертных, активных) газах; *д* – автоматическая дуговая наплавка плавящейся электродной (обычно легированной) проволокой *1* под флюсом *2*; *е* – плавящейся лентой *1*, катаной, литой или прессованной из порошков в защитных газах или под флюсом; *ж* – расплавлением плазменной струей плазмотрона *1*, предварительно наложенного литого или спеченного из порошков кольца *2* наплавочного материала; *з* – электрошлаковая наплавка детали *3* электродами *1* в шлаковой ванне кристаллизатора *2*; *3* – наплавляемая деталь, *4* наплавленный металл – для всех способов наплавки

Рисунок 3.11 – Схемы способов дуговой и электрошлаковой сварки и наплавки

Самое широкое распространение в мире во всех отраслях промышленности получила автоматическая сварка и наплавка под слоем флюса, разработанная в годы Великой Отечественной Войны основоположником Советской школы сварки металлов Е. О. Патоном (1870–1953). Схема сварочной ванны, наплавочной установки и примеры образцов промышленных наплавочных станков представлены на рисунках 3.12–3.15.

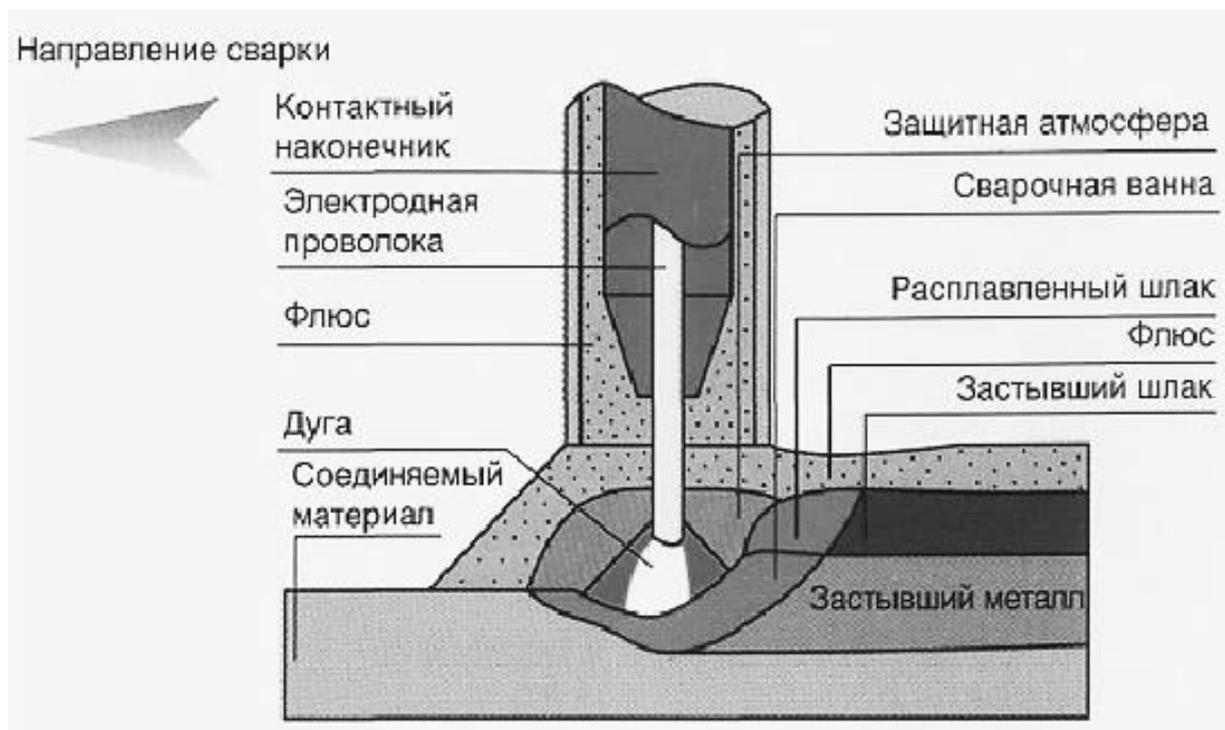
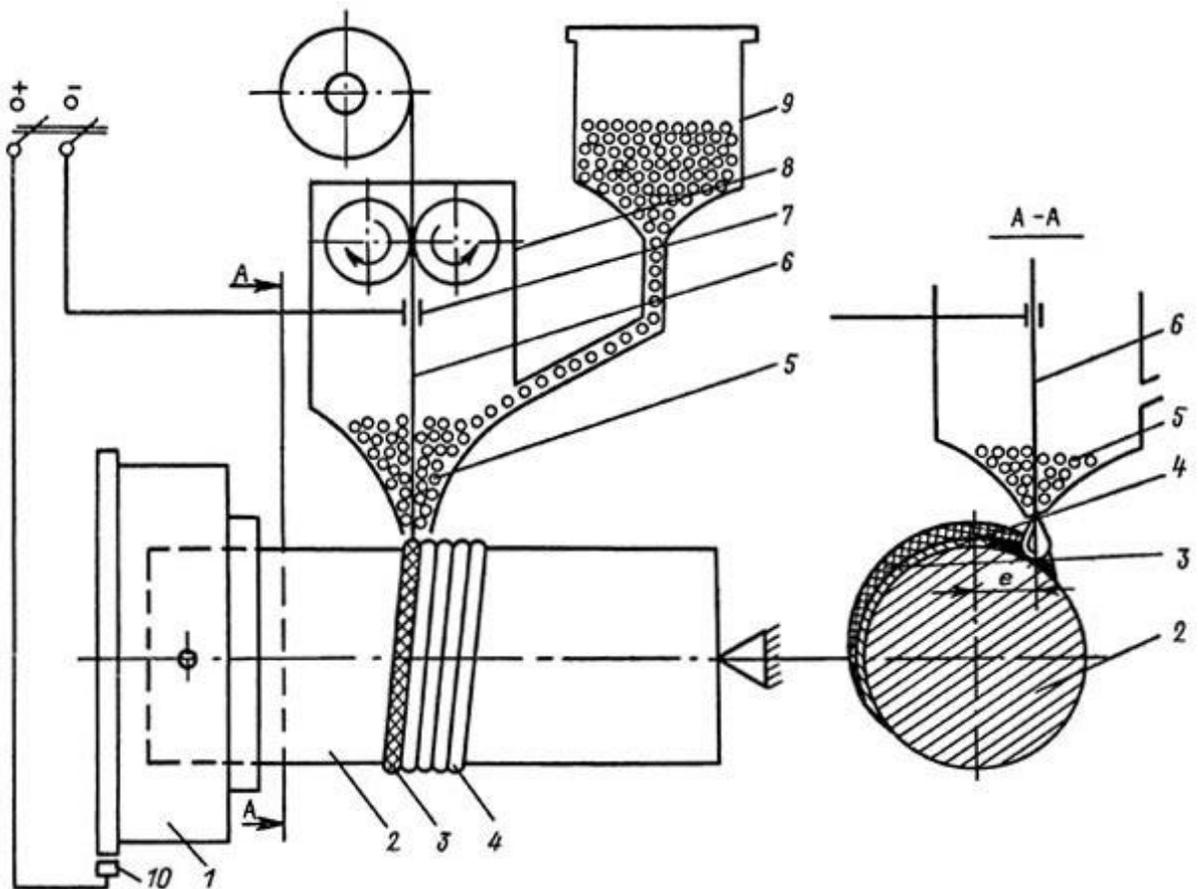


Рисунок 3.12 – Схема плавления электродной проволоки под слоем флюса

Сущность сварки и наплавки под слоем флюса состоит в том, что сварочная дуга, возникающая между автоматически поступающим в зону сварки электродом и изделием, защищается от окисления кислородом воздуха слоем расплавленного гранулированного флюса толщиной 20–40 мм. Флюс, поступающий в зону сварочной дуги, плавится под действием выделяемого ею тепла и обеспечивает необходимый режим охлаждения. Химический состав флюса позволяет менять качество наплавленного металла. Достоинства: высокая производительность; высокое качество (малая ЗТВ); экономия материалов и электроэнергии; улучшение условий труда; технологические преимущества.



1 – патрон токарно-винторезного станка; 2 – восстанавливаемая деталь; 3 – слой шлака; 4 – наплавленный металл; 5 – флюс; 6 – электродная проволока; 7 – контакт провода от источника тока с электродной проволокой; 8 – наплавочная головка; 9 – бункер с флюсом; 10 – контакт провода от источника тока с медной шиной патрона (деталью)

Рисунок 3.13 – Схема автоматической наплавки деталей



Рисунок 3.14 – Индуктор для нагрева под наплавку крупногабаритных деталей горнопромышленного оборудования

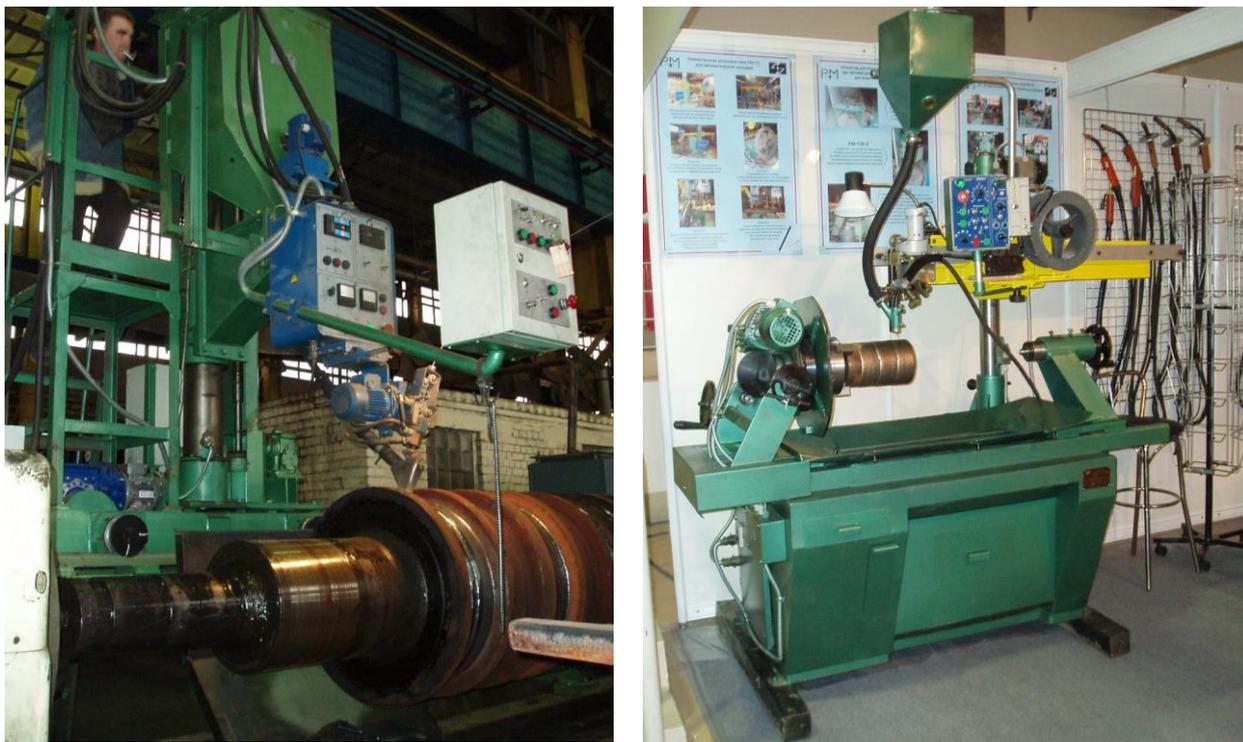


Рисунок 3.15 – Установки для промышленной наплавки деталей

При сварке и наплавке в среде защитных газов в зону горения дуги под небольшим давлением подается инертный или активный газ, который вытесняет воздух из этой зоны, предотвращает перегрев деталей, защищает сварочную ванну от доступа кислорода воздуха. Из всех способов восстановления деталей наибольшее распространение получили сварка и наплавка плавящимся электродом (проволокой) с защитой сварочной ванны от воздуха в среде углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ). Такой способ является наиболее технологичным, простым, производительным и дешевым при сварке углеродистых и низколегированных сталей. Поэтому по объему производства он занимает одно из первых мест среди механизированных способов сварки плавлением (рисунок 3.16).

Аргонно-дуговая сварка обеспечивает более надежную защиту расплавленного металла от воздействия атмосферы, чем углекислый газ. Это позволяет восстанавливать с высоким качеством детали из трудно свариваемых материалов (чаще всего Al и его сплавы, нержавеющие стали, разнородные материалы, Ti, Mg, Zr и др.). Трудность заключается в наличии плотной, механически прочной, тугоплавкой пленки, температура плавления которой около  $2000\text{ }^\circ\text{C}$ , в то время как температура плавления, например, алюминия –  $660\text{ }^\circ\text{C}$ . Сварка ведется неплавящимся электродом (рисунок 3.17).

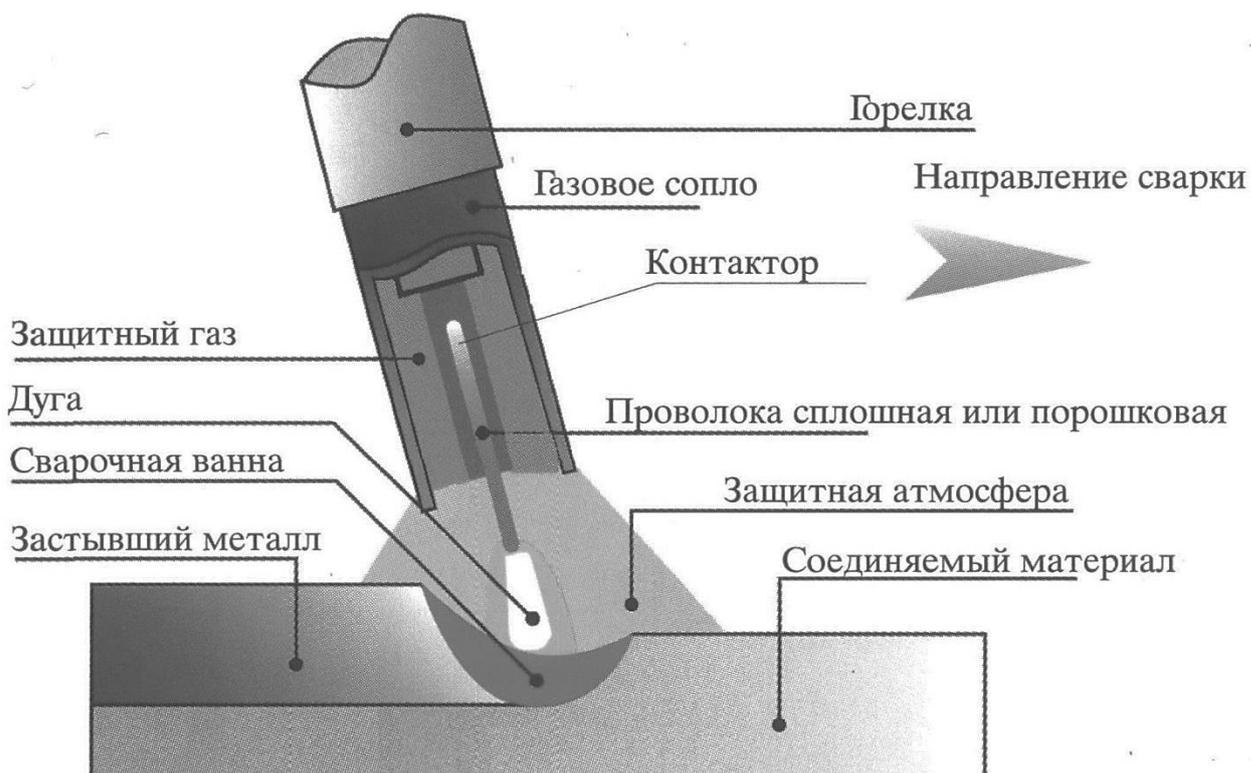


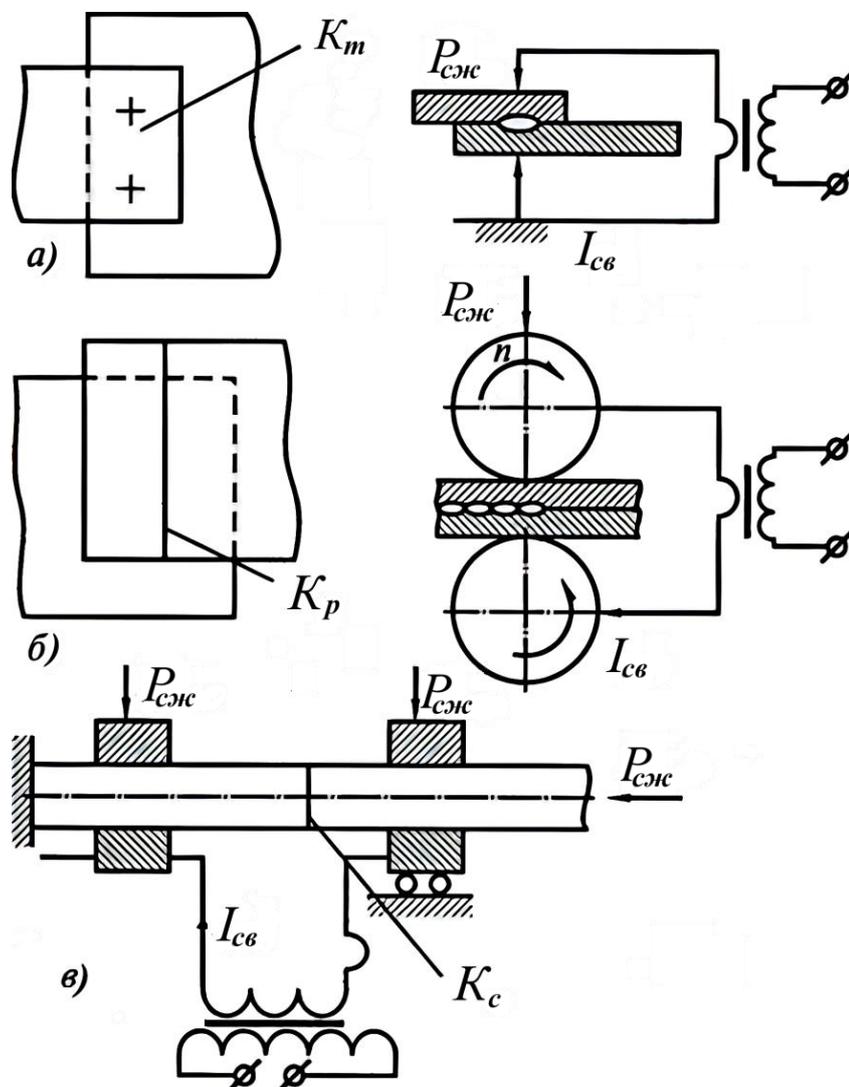
Рисунок 3.16 – Сварка в среде защитных газов



Рисунок 3.17 – Схема аргоно-дуговой сварки

Контактная сварка и приварка – это процесс образования соединения в результате нагрева металла проходящим через него электрическим током в режиме импульсного короткого замыкания и пластической деформации зоны соединения под действием сжимающего усилия. Требуемый разогрев металлической поверхности в месте соединения осуществляют кратковременным воздействием токов большой силы. Токи могут достигать на промышленном оборудовании значений 10–15 тысяч А. Время сжатия и воздействия электрического тока колеблется от 0,02 секунды до 1 секунды.

Сжатие способствует образованию соединения. После прекращения воздействия сжатия и пропускания тока металл в месте соединения кристаллизуется. Соединение получается прочнее, чем окружающий металл. На рисунке 3.18 представлены основные схемы контактной сварки.



*a* – точечная; *б* – шовная (роликовая); *в* – стыковая  
 Рисунок 3.18 – Схемы способов контактной сварки

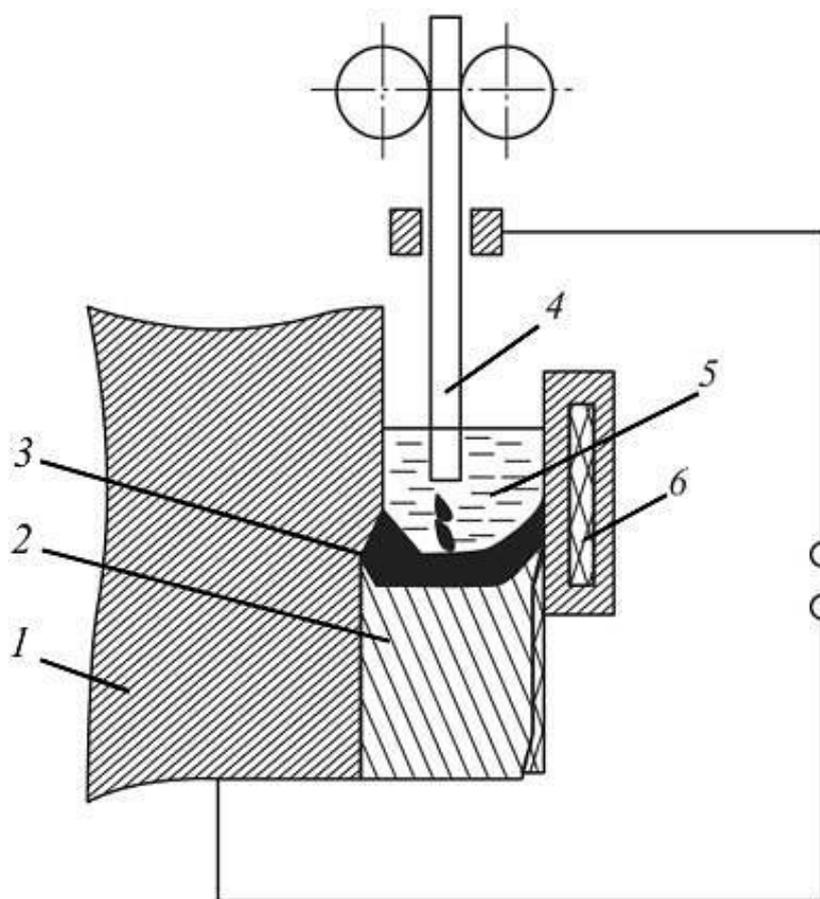
С помощью контактной сварки изготавливают до 90 % конструкций, свариваемых давлением, и около 50 % всех сварных конструкций. Это объясняется преимуществами контактной сварки (приварки) перед другими способами:

- минимальный нагрев металла;
- высокое качество и надежность за счет минимальной ЗТВ;
- высокая производительность (время сварки одной точки или стыка составляет 0,02–1,0 с);

- возможность использования различных металлов;
- отсутствие потребности в специальных технологических материалах (присадочной проволоке, флюсах, газах и т. д.);
- высокая экологичность процесса.

Электрошлаковая сварка и наплавка применяется для сварки и наплавки деталей значительной толщины. Главная особенность электрошлаковой сварки (наплавки) заключается в том, что сварочная цепь электрического тока проходит по электроду, жидкому шлаку и основному металлу, обеспечивая расплавление основного и присадочных материалов. Ванна расплавленного шлака постоянно находится в верхней части расплава. Этим самым исключается доступ и воздействие окружающей среды на жидкий металл, что обеспечивает высокое качество сварки или наплавленного материала.

Суть электрошлаковой сварки (наплавки) (рисунок 3.19) заключается в следующем.



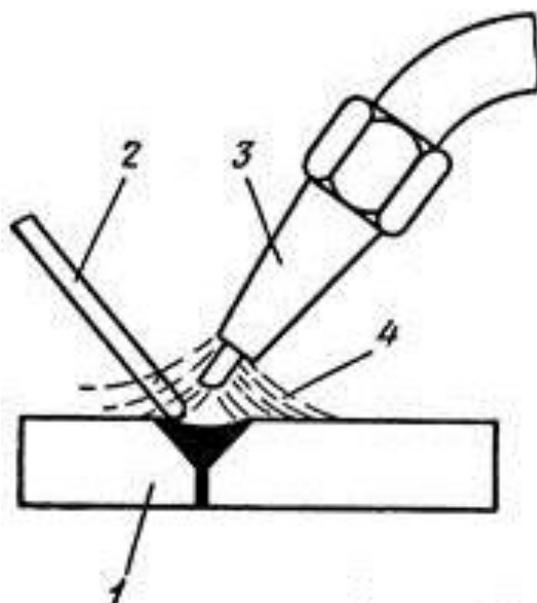
1 – наплавляемая поверхность; 2 – наплавленный металл;  
 3 – зона плавления металла; 4 – присадочный материал;  
 5 – жидкий шлак; 6 – водоохлаждаемый кристаллизатор  
 Рисунок 3.19 – Схема электрошлаковой сварки и наплавки

В полость, образованную наплавляемой поверхностью 1 и водоохлаждаемым кристаллизатором 6, подается присадочный материал 4. Ток, проходя между электродом и наплавленным металлом 2 через жидкий шлак 5, поддерживает в нем высокую (до 2000 °С) температуру и электропроводность.

Шлак расплавляет подаваемый в него присадочный материал и оплавляет кромки поверхности изделия. Расплавленный металл опускается на дно шлаковой ванны и, кристаллизуясь, образует наплавленную поверхность, которая формируется с помощью водоохлаждаемых кристаллизаторов или медных подкладок. Шлак надежно защищает жидкую металлическую ванну от вредного воздействия воздуха, расход флюса на образование шлаковой корки на поверхности наплавляемого металла не превышает 5 % его массы.

При электрошлаковой сварке расход электроэнергии в 1,5–2 раза, а флюса – в 20 раз меньше, чем при дуговом процессе, а склонность к образованию пор и других микродефектов значительно ниже, чем при дуговой наплавке. Вследствие благоприятного направления роста кристаллов в наплавленном металле, полученном электрошлаковым способом, значительно снижается склонность к образованию кристаллизационных трещин и значительно повышается качество наплавленного металла.

Газовая сварка находит широкое применение на машиностроительных заводах, в ремонтном производстве для изготовления и восстановления деталей из стали, чугуна, латуни, бронзы, алюминиевых и магниевых сплавов, толщиной до 5 мм. Сущность процесса газовой сварки заключается в том, что свариваемый и присадочный металлы расплавляются в пламени газовой горелки при сгорании горючего газа в среде с кислородом, развивая температуру, превышающую температуру плавления металла. При нагревании газосварочным пламенем кромки свариваемых заготовок расплавляются, а зазор между ними заполняется присадочным металлом (рисунок 3.20). В качестве горючего газа чаще всего используется ацетилен. Способ широко применяется для наплавки рабочих поверхностей деталей различными материалами.



1 – заготовка; 2 – присадочный металл; 3 – газовая горелка;  
4 – газосварочное пламя

Рисунок 3.20 – Схема газовой сварки

Лазерная сварка – это современная технология сварки, в которой в качестве источника тепла для соединения материалов используется лазерный луч. Она отличается высокой концентрацией энергии в пятне диаметром 0,1 мм и менее. Плотность выходной мощности твердотельных лазеров достигает  $10^8$  Вт/см<sup>2</sup>. В фокусе сосредоточивается громадная концентрация энергии, позволяющая получать температуру до миллиона градусов. Для нее характерны: небольшой объем сварочной ванны, малая ширина зоны термического влияния, высокие скорости нагрева и охлаждения (рисунок 3.21).

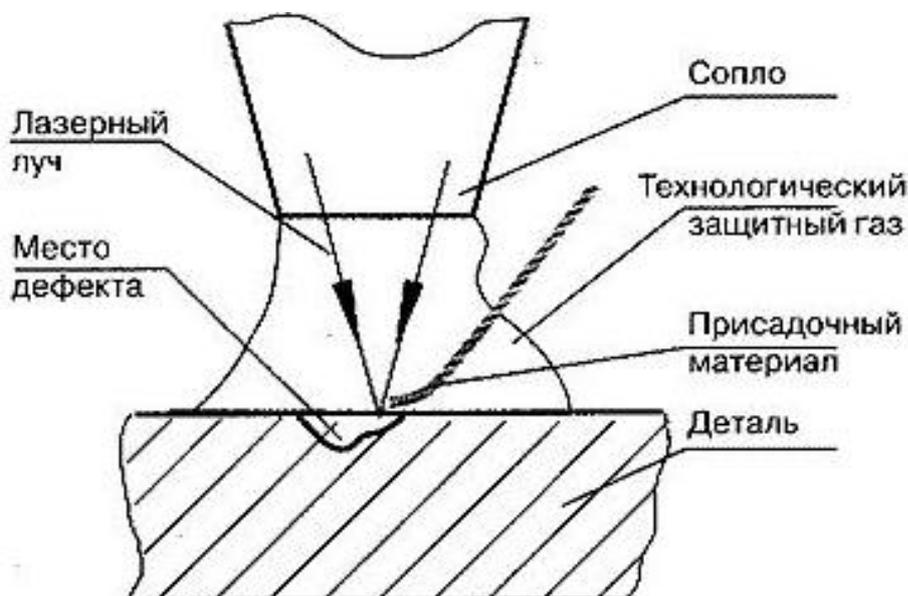


Рисунок 3.21 – Схема лазерной сварки и наплавки

Локализованный ввод тепла при лазерной сварке за счет небольшой зоны термического влияния сводит к минимуму структурные изменения в зоне сварки. Это особенно важно для термочувствительных материалов. На практике это означает высокое качество сварных соединений. Например, лазерная сварка вилки с карданным валом автомобиля увеличивает срок службы карданной передачи в три раза по сравнению с дуговой сваркой.

Благодаря своей универсальности и эффективности лазерная сварка находит применение в различных отраслях промышленности, включая автомобильную, аэрокосмическую, электронную и т. д. Она позволяет сваривать лазерным лучом различные конструкционные материалы с толщиной от нескольких микрометров до десятков миллиметров.

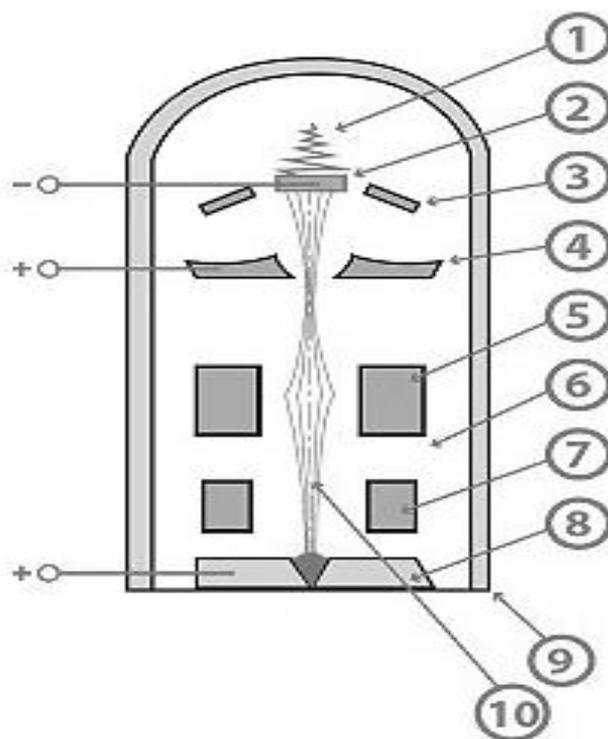
Скорость лазерной сварки в несколько раз превышает скорости традиционных способов сварки плавлением. Например, стальной лист толщиной 20 мм электрической дугой сваривают со скоростью 15 м/ч за 5–8 проходов, ширина шва получается 20 мм. Непрерывным лазерным лучом этот лист сваривается со скоростью 100 м/ч за 1 проход при ширине шва в 5 мм. Промышленные сварочные установки с твердотельными лазерами позволяют вести сварку и наплавку со скоростью до 5 мм/с (рисунки 3.22).



Рисунок 3.22 – Промышленный лазер для поверхностного упрочнения деталей

Электронно-лучевая сварка использует кинетическую энергию потока электронов, движущихся с высокими скоростями в вакууме.

Площадь пятна нагрева минимальна и составляет около  $10^5 \text{ см}^2$  (для сравнения, при газовой сварке создается пятно контакта минимум  $0,2 \text{ см}^2$ , а электрической дугой –  $0,1 \text{ см}^2$ ). Сфокусированный в небольшой пучок луч при касании поверхности материала обеспечивает сверхвысокую плотность мощности ( $10^7 \text{ Вт/см}^2$ ), в результате чего происходит мгновенный нагрев и плавление места контакта. Подобная технология дает возможность скреплять тугоплавкие и химически активные металлы и их сплавы, такие как вольфрам, тантал, молибден, ниобий, цирконий, титан, алюминий, высоколегированная сталь (рисунок 3.23). Данные материалы можно сваривать как в однородных, так и разнородных сочетаниях при разных толщинах и температурах плавления [40].



- 1 – нагреватель; 2 – катод; 3 – прикатодный электрод;  
 4 – ускоряющий электрод (анод); 5 – фокусирующая система;  
 6 – вакуум; 7 – отклоняющая система; 8 – свариваемое изделие;  
 9 – вакуумная камера; 10 – электронный луч

Рисунок 3.23 – Схема электронно-лучевой сварки

Скорость соединения при сварке достигает примерно  $5 \text{ см}^2/\text{с}$ . Это в несколько десятков раз больше, чем при дуговых способах сварки. Такое повышение производительности достигается за счет равномерного выделения мощности на значительной глубине свариваемых деталей при высокой концентрации этой мощности.

Диффузионная сварка в вакууме применяется для взаимной приварки разнородных материалов: керамики с кевларом, медью, титаном; жаропрочных и тугоплавких металлов и сплавов; электровакуумных стекол, оптической керамики, сапфира, графита с металлами; композиционных, порошковых и других материалов. При этом способе сварки соединяемые детали помещают в вакуумную камеру при остаточном давлении среды  $10^{-3}$ – $10^{-5}$  мм рт. ст. и нагревают токами высокой частоты до 0,7 от температуры плавления одного из соединяемых материалов. Затем их соединяют друг с другом под давлением 0,5–2,0 МПа (5–20 кг/см<sup>2</sup>). При развитии физического контакта между такими поверхностями возникает их схватывание, обеспечивающее высокую прочность соединения.

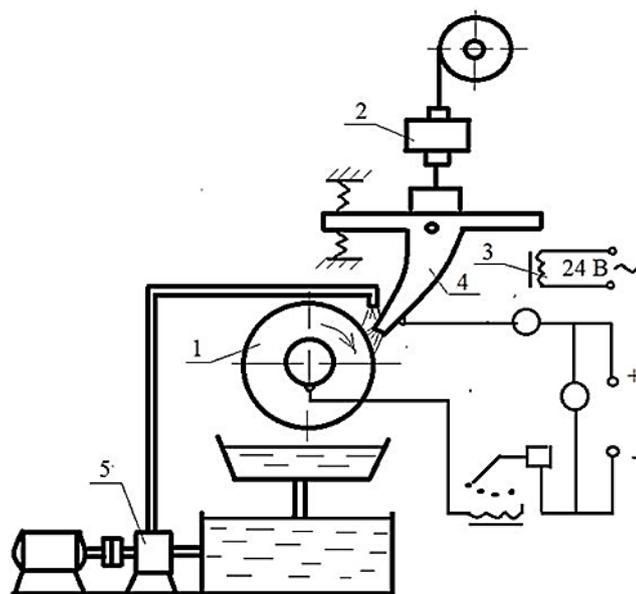
Сварка ультразвуком позволяет соединять различные металлы: алюминий, медь, никель. Удовлетворительно свариваются высоколегированные стали. Прочность сварных точечных соединений достаточно высока, разрушение соединений происходит обычно с вырывом точки по контуру. С помощью ультразвука получены соединения на ряде тугоплавких металлов – ниобии, тантале, молибдене и вольфраме. Ультразвуковая сварка нашла наибольшее применение в микроэлектронике, в основном для приварки токоотводов к интегральным схемам. Разработаны и выпускаются значительными сериями ультразвуковые машины для сварки различных элементов микросхем.

Индукционная наплавка основана на расплавлении присадочного материала и верхнего слоя металла вихревыми токами, наводимыми на поверхность изделия с помощью высокочастотного индукционного поля. Для этого на участок детали, предназначенный к наплавлению металлом, вначале наносится слой присадочного материала с флюсом. Затем над ним на небольшом расстоянии размещается индуктор, на который подается высокочастотное напряжение [14].

Электроискровая обработка заключается в использовании явления электрической эрозии и переносе металла инструмента на наращиваемую поверхность детали при прохождении искровых разрядов между ними. Способ позволяет наносить самые различные токопроводящие материалы.

Электроимпульсная автоматическая наплавка, называемая также вибродуговой и виброконтактной, заключается в наращивании металла вибрирующим электродом в струе электролита или под слоем флюса. Электрод, пропущенный через вибрирующий мундштук, совершает вместе с ним колебания относительно наплавляемой детали с частотой  $50\text{--}100\text{ с}^{-1}$ . В зону наплавки подается раствор электролита ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и др.), который обеспечивает защиту наплавляемого металла от кислорода и азота воздуха и интенсивный отвод тепла.

При соприкосновении электрода с деталью через зону контакта проходят мощные импульсы тока короткого замыкания, под действием которых к наплавляемой детали привариваются частицы металла (контактная сварка) и одновременно в катушке самоиндукции накапливается энергия магнитного поля. При отрыве электрода происходит расплавление металла и дуговая наплавка под действием импульсных разрядов исчезающего магнитного поля (рисунок 3.24).



1 – наплавляемая деталь; 2 – подающий механизм;  
3 – электромагнит; 4 – вибрирующий мундштук; 5 – насос

Рисунок 3.24 – Схема виброконтактной наплавки

Процесс характеризуется относительно малым термическим влиянием по сравнению с другими, что важно для деталей, не допускающих коробления (длинные валы и оси, штоки поршней, тормозные шкивы и др.).

Сварка трением – сварка давлением, когда нагрев и оплавление поверхностей осуществляется трением, вызываемым вращением друг относительно друга свариваемых частей детали (рисунок 3.25).

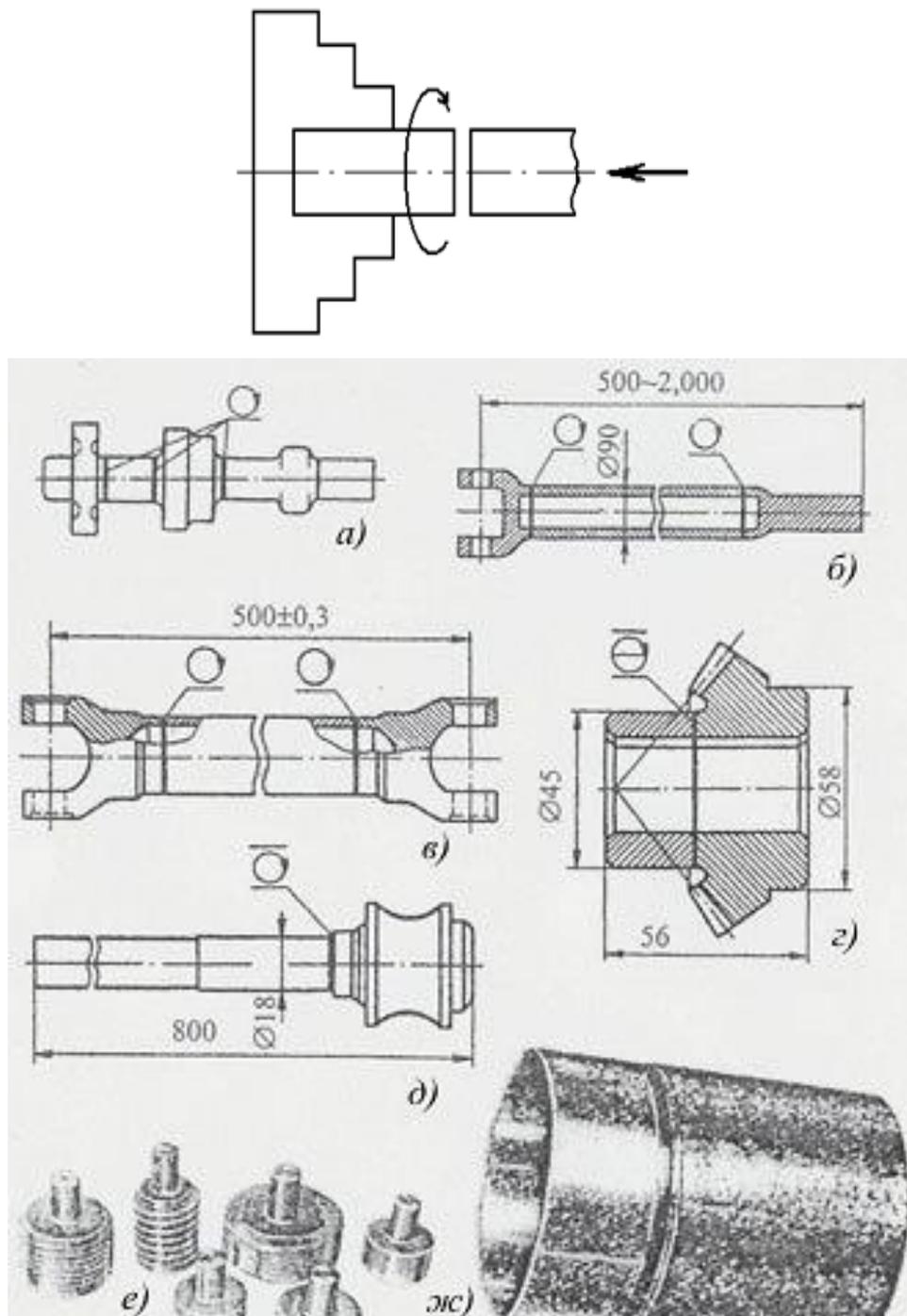


Рисунок 3.25 – Схема и примеры применения сварки трением

Достоинства способа: высокое качество сварного соединения, технологическая простота, высокий коэффициент использования материала ( $K_{им}$ ), низкая энергоемкость.

Металлизация представляет собой процесс напыления расплавленного металла при помощи сжатого воздуха или газа на по-

верхность детали. Расплавленный в металлизаторе металл расплывается струей сжатого воздуха до мельчайших частиц (1,5–10 мкм) и с большой скоростью (100–200 м/с) наносится на заранее подготовленную шероховатую поверхность восстанавливаемой детали. Время от момента образования частиц металла до их столкновения с поверхностью детали не превышает 0,003 с. При столкновении с деталью еще не остывшие частицы металла расплющиваются, накладываясь одна на другую, заполняют шероховатости на поверхности детали и образуют сплошной слой.

Сцепление частиц с деталью и друг с другом в процессе металллизации происходит вследствие неоднородности поверхности и частично молекулярного взаимодействия. В зависимости от способа разогрева присадочного материала металллизация бывает газовая, электрическая, высокочастотная, плазменная, ионно-плазменная. Схема и установка газовой металллизации представлена на рисунках 3.26, 3.27.

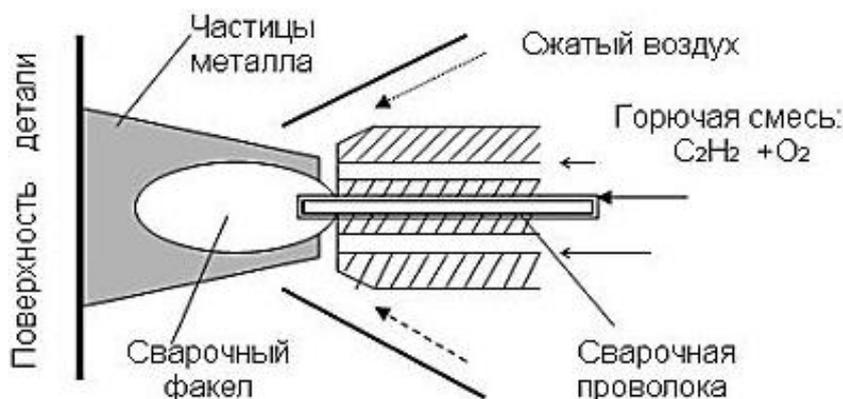


Рисунок 3.26 – Схема газовой металллизации

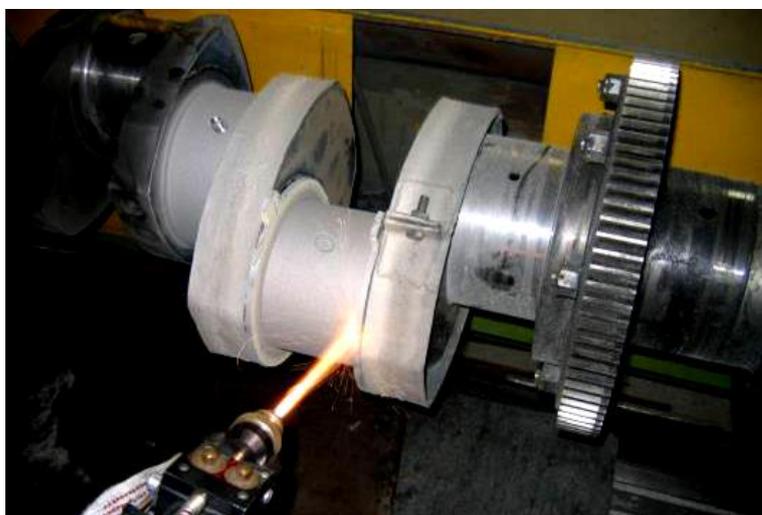
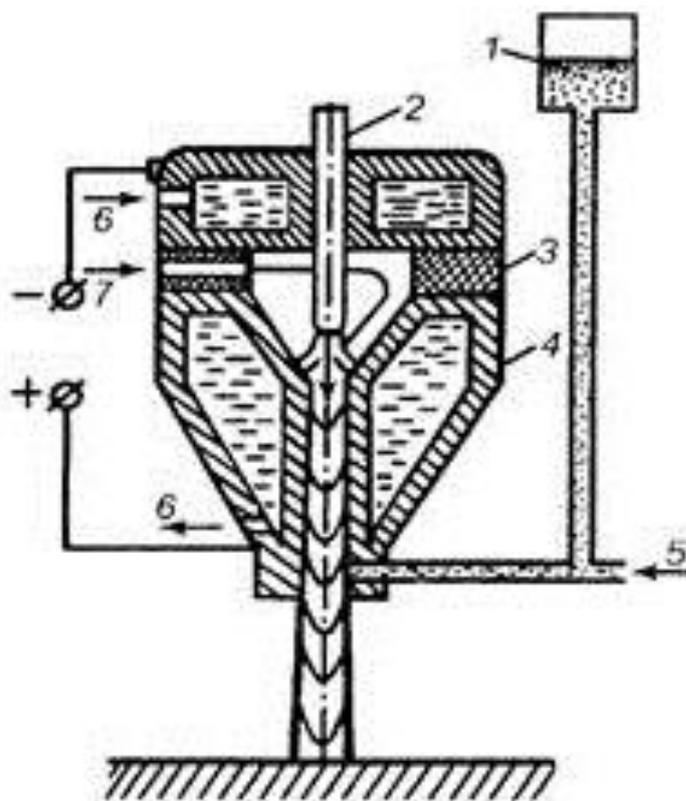


Рисунок 3.27 – Газопламенное напыление шейки коленчатого вала

Плазменная металлизация – это прогрессивный способ нанесения покрытий, при котором расплавление и перенос материала на восстанавливаемую поверхность осуществляется струей плазмы. Плазма – это сильно ионизированное состояние газа. Плазменную струю получают, пропуская плазмообразующий газ через электрическую дугу при ее питании от источника постоянного тока напряжением 80–100 вольт (рисунок 3.28). В качестве плазмообразующего газа обычно применяют аргон или азот.

Покрытие формируется за счет того, что поступающий в струю плазмы наносимый материал расплавляется и переносится потоком горячего газа на поверхность детали. Скорость полета частиц металла составляет 150–200 м/с при расстоянии от сопла до поверхности детали 50–80 мм. Благодаря более высокой температуре наносимого материала и большей скорости полета, прочность соединения плазменного покрытия с деталью выше, чем при других способах металлизации.



- 1 – порошковый дозатор; 2 – катод; 3 – изоляционная прокладка;  
 4 – анод; 5 – транспортирующий газ; 6 – охлаждающая жидкость;  
 7 – плазмообразующий газ

Рисунок 3.28 – Схема процесса плазменного напыления

Высокая температура и большая мощность по сравнению с другими источниками тепла является основным отличием и преимуществом плазменной металлизации, обеспечивающим значительное повышение производительности процесса, возможность расплавлять и наносить любые жаростойкие и износостойкие материалы, включая твердые сплавы и композиционные материалы, а также оксиды, бориды, нитриды и другие, в различных сочетаниях. Благодаря этому можно формировать многослойные покрытия с различными свойствами (износостойкие, хорошо прирабатывающиеся, жаростойкие и др.). Наиболее качественные покрытия получаются при применении самофлюсующихся наплавочных материалов.

Современные плазменные наплавочные установки имеют электронные системы регулирования параметров процесса, оснащаются манипуляторами и роботами. Это повышает производительность и качество процесса напыления, улучшает условия работы обслуживающего персонала.

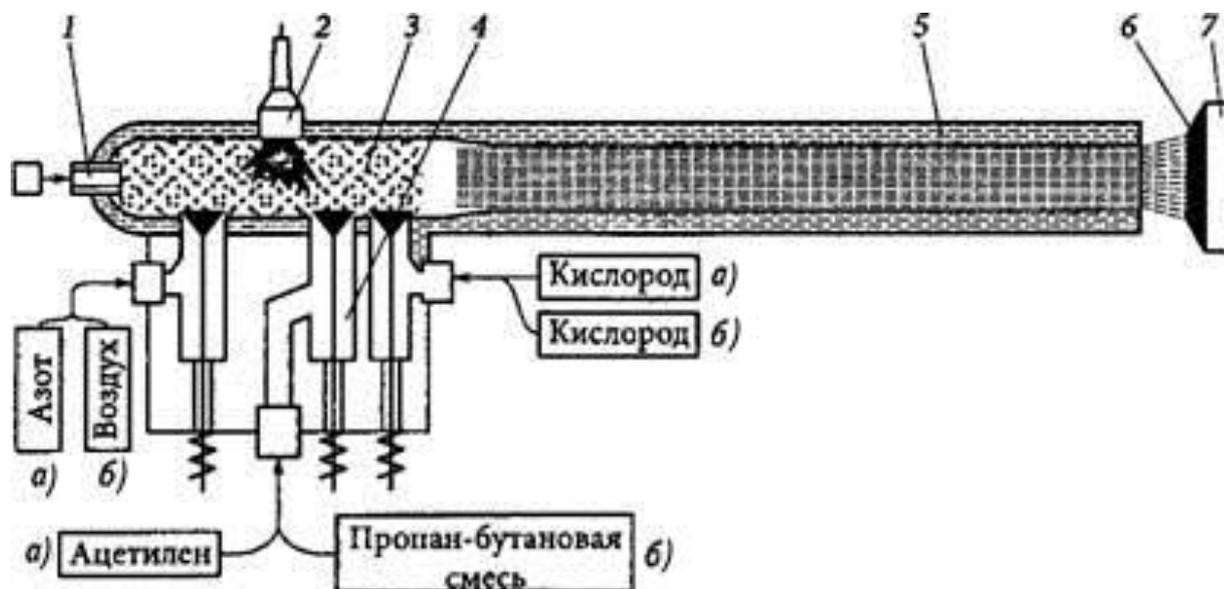
Как износостойкое и декоративное покрытие широкое применение нашел нитрид титана. Нитрид титана – соединение титана и азота состава TiN, обладает высокой твердостью ( $H_{\mu} = 2000 \text{ кг/мм}^2$ ), низким коэффициентом трения и термодинамической устойчивостью. Нитрид титана имеет плотность  $5,44 \text{ г/см}^3$ . Температура плавления  $3205 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Получают азотированием титана при  $1200 \text{ }^{\circ}\text{C}$  или другими способами.

Нитрид титана используется для создания износостойких покрытий металлорежущих инструментов, для прецизионных высокоответственных сопряжений, в микроэлектронике, широко используется как декоративное покрытие куполов и др. Изделия, покрытые им, по внешнему виду не отличаются от золота, могут иметь различные оттенки, но, в отличие от золота, имеют более высокую прочность и долговечность.

Нанесение нитрида титана производится в специальных вакуумных камерах ионно-плазменным испарением титана в атмосфере азота и имеет термодиффузионную природу. При высокой температуре в плазме дугового разряда, созданного электронным лучом, титан испаряется, реагирует с азотом вблизи поверхности покрываемого изделия и осаждается на поверхность.

Детонационное напыление (металлизация) – это технология нанесения покрытий, в которой для разогрева и разгона порошкообразного материала используется энергия взрыва. Покрытие наносится детонационной пушкой, в которой продукты взрыва разогревают частицы порошка до плавления и метают их со скоростью пули на деталь, установленную перед стволом пушки. При столкновении происходит микросварка и порошок прочно соединяется с поверхностью детали. За один выстрел образуется пятно покрытия диаметром несколько сантиметров толщиной до 10 микрон. Необходимая большая толщина наращивается серией последовательных выстрелов.

Во взрывную камеру 3 (рисунок 3.29) подается транспортирующим газом (азотом или воздухом) через порошковый питатель 1 порция порошка (50–200 мг) и горючая смесь (ацетилен-кислород или пропан-бутан). В запальном устройстве 2 между электродами инициируется запальная искра, вызывающая возгорание и последующее взрывное (детонационное) горение горючей смеси. В результате такого горения возникает взрывная волна, которая увлекает за собой расплавленный порошок, перемещая его наружу вдоль оси ствола 5, охлаждаемого водой. Таким образом напыляются мелкодисперсные порошки самых различных материалов.



1 – порошковый питатель; 2 – запальное устройство;  
 3 – взрывная камера; 4 – смесительная камера; 5 – ствол;  
 6 – покрытие; 7 – восстанавливаемая деталь; а и б – базовый и усовершенствованный вариант подачи газов соответственно  
 Рисунок 3.29 – Схема установки для детонационного напыления

Общий вид установки для детонационного напыления валов представлен на рисунке 3.30.



Рисунок 3.30 – Установка для детонационного напыления валов

Детонационные покрытия отличаются высокой плотностью и рекордной прочностью связи, достигающей прочности монолитного материала. Импульсный характер термического воздействия на обрабатываемую деталь при детонационном напылении исключает коробление, поводки, перегрев и нежелательные структурные изменения материала детали. Толщина покрытия – от нескольких микрон до нескольких миллиметров. Возможны напыления десятков порошков в различных сочетаниях:

- металлов: алюминия, меди, никеля, хрома, кобальта, молибдена, железа и др.;
- сплавов: сталей, чугуна, нихрома, бронзы, латуни, самофлюсующихся сплавов и др.;
- окислов: алюминия, хрома, циркония, титана и др.;
- металлокерамических композитов с карбидами: вольфрама, хрома, титана и т. д.

Гальванические покрытия применяют:

- для повышения износостойкости и компенсации износа деталей (Cr, Fe, Ni);

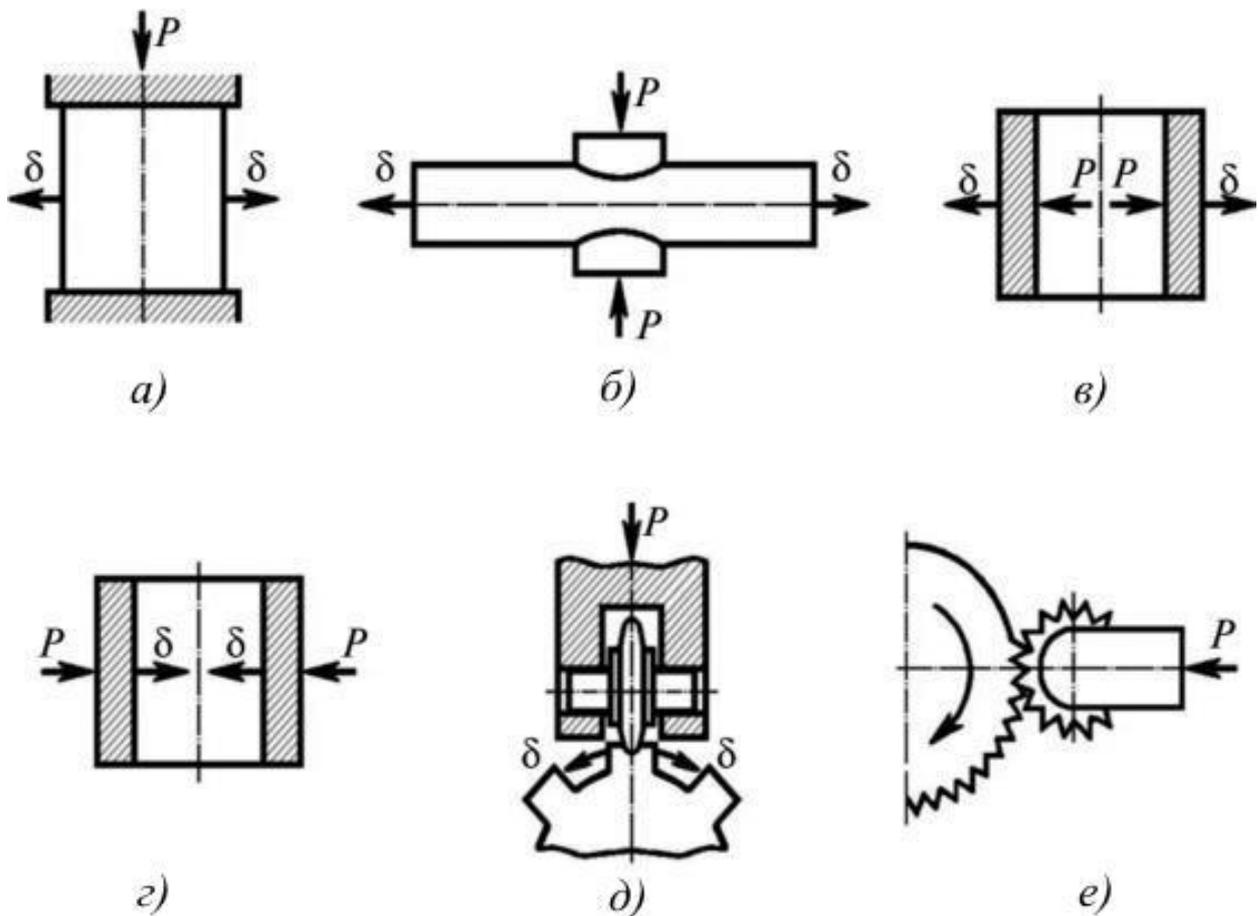
- для придания защитно-декоративных (Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Sn) и антифрикционных свойств (Cu, Zn, Sn);
- для улучшения прирабатываемости трущихся поверхностей (Cu, Sn, Zn, Pb);
- при восстановлении деталей с небольшими износами, но с высокими требованиями к износостойкости их поверхностей;
- покрытия могут изменять качественные характеристики изделий: электропроводность, антифрикционные и магнитные свойства, отражательную способность и т. д. [10].

Гальванические покрытия получают путем электроосаждения металла на изношенную поверхность деталей из водных растворов солей этих металлов при пропускании через раствор электрического тока. В машиностроении и ремонте имеется большой арсенал способов электролитического осаждения металлов, позволяющих наносить различные по назначению эффективные покрытия на изделия самой широкой номенклатуры, от мелких метизов до изношенных рабочих поверхностей сложных крупногабаритных деталей [10, 38].

Восстановление деталей способом пластической деформации основано на свойстве металлических деталей без разрушения изменять первоначальную форму под действием внешних сил, а после прекращения их действия сохранять вновь приданную форму и размеры (рисунок 3.31). В зависимости от величины износа и конструкции детали применяется деформирование без нагрева или с нагревом.

В результате пластического течения материала под действием приложенных сил происходит его избирательное перераспределение с нерабочих на изношенные поверхности. Номенклатура деталей достаточно обширна: втулки, поршневые пальцы, шлицевые валы, шестерни, клапаны двигателей внутреннего сгорания, шейки валов, шипы крестовины карданного вала и др.

Эти способы наиболее экономичны, так как не требуют нанесения дополнительного металла и применения сложного технологического оборудования. Они позволяют в рамках одной технологической операции обеспечить качество изделий путем одновременного восстановления размеров, формы изношенных деталей и упрочнения материала.



*a* – осадка; *б* – вытяжка; *в* – раздача;  
*г* – обжатие; *д* – вдавливание; *е* – накатка

Рисунок 3.31 – Способы пластического деформирования

Разновидностью этого способа является термопластическая и электрогидравлическая раздача деталей типа «втулка». Первая предполагает индукционный высокочастотный разогрев поверхности и быстрое ее охлаждение для стабилизации полученной термической деформации.

Электрогидравлическая раздача основана на явлении гидравлического удара под воздействием электрического разряда в жидкости, который деформирует деталь в заданном направлении.

Закаленные поверхности шеек валов восстанавливают (или упрочняют) электромеханической обработкой. Последняя предполагает нагрев поверхности импульсным электрическим током в зоне деформации, что способствует повышению пластических свойств металла. Процесс состоит из двух операций: высадка металла и сглаживание выступов до необходимого размера.

Перезаливка антифрикционных сплавов применяется для восстановления подшипников скольжения коленчатых, распредели-

тельных валов и других подобных сопряжений. Сущность способа заключается в том, что предварительно удаляется изношенный слой, подготовленную поверхность подшипника заливают антифрикционным сплавом (баббитом или бронзой) и подвергают механической обработке под требуемый размер.

Синтетические материалы применяются для устранения механических повреждений на деталях (трещины, пробоины, сколы и т. п.), компенсации износа рабочих поверхностей, соединения деталей склеиванием, герметизации различных соединений, защиты от коррозии, нанесения декоративных покрытий, шпаклевки, окраски, выравнивания вмятин и др.

При восстановлении деталей используют пластмассы в виде чистых полимеров (полистирол, полиэтилен, полипропилен, полиамиды, фторопласты и др.), а также синтетические клеи. Для придания различных свойств покрытиям, в том числе износостойкости, используют полимеры с наполнителями, пластификаторами, красителями, отвердителями, противоизносными (графит, тальк, дисульфид молибдена, металлические порошки) и другими добавками. Достоинствами применения полимерных материалов являются простота технологического процесса, оборудования, низкая трудоемкость и стоимость работ.

На основе открытия «безыносного» трения [8] разработаны современные трибологические нанотехнологии, которые позволяют использовать трение не как разрушительное явление природы, а как самоорганизующийся созидательный процесс, в том числе для безразборного восстановления агрегатов и узлов техники в процессе их непрерывной эксплуатации.

В настоящее время возникло и успешно развивается самостоятельное научно-техническое направление: безразборный технический сервис машин и механизмов – комплекс технических мероприятий, направленных на проведение операций технического обслуживания и ремонта узлов и механизмов без проведения разборочно-сборочных операций. К таким разработкам относятся не только сами присадки и добавки к различным автомобильным технологическим средам, но и самостоятельные препараты и технологии по их применению.

Проблема поддержания техники в работоспособном состоянии может быть во многом решена за счет применения специальных ремонтно-эксплуатационных препаратов на основе наноматериалов и нанотехнологий. Для обработки разбирать мотор или КПП не требуется. С учетом степени износа деталей в рабочую систему добавляется специальная композиция, которая восстанавливает изношенную поверхность, оптимизирует геометрию и защищает пары трения деталей от дальнейшего износа. Частицы присадки вводятся в пары трения с помощью смазочного материала, используемого в данном техническом узле (масло, консистентная смазка и т. д.) При попадании в рабочую систему, состав выполняет две задачи: очищает поверхность от продуктов деструкции масла и топлива и выступает в качестве строительного материала для восстановления и оптимизации пар трения деталей. Изготовленный на основе наноматериалов кондиционерный состав в процессе эксплуатации машины устраняет дефекты изношенных поверхностей и значительно уменьшает коэффициент трения.

Например, разработанная на основе многокомпонентной мелкодисперсной смеси редчайших минералов группы слоистых силикатов-серпентинитов присадка «ФОРСАН» предотвращает износ и возникновение основных первичных разрушающих факторов, таких как электрохимическая коррозия, истирание, механические повреждения, водородный износ и т. д. Более того, он служит и восстанавливающим средством для уже изношенных поверхностей. Возникают эффекты «залечивания» сетки поверхностного растрескивания металла и восстановления первоначальных геометрических размеров за счет прироста на поверхности прочнейшего металлокерамического покрытия.

Ликвидируются возникшие в процессе эксплуатации зазоры и повреждения. Новое покрытие и металл имеют одинаковый коэффициент линейного расширения и единую кристаллическую решетку. Оно состоит из трех слоев: восстановленного, промежуточного упругого и внешнего защитного с низким коэффициентом трения и высокой износоустойчивостью. Главные технико-экономические показатели применения наноприсадок: увеличение срока службы механизмов в несколько раз; снижение потерь на трение до 20 % и

более; повышение износостойкости в 5 раз; увеличение ресурса смазок и масел в 3 раза; экономия электроэнергии и топлива до 20 %; уменьшение шумовых и виброхарактеристик на 4–7 единиц [34].

Современные способы восстановления различных технических объектов позволяют обеспечить первоначальные и даже более высокие их параметры с себестоимостью 30–40 % от новых, изготовленных из первичных ресурсов.

Технология реновации практически не отличается от технологии изготовления изделий из первичных материалов, и может быть реализована на базе действующих, зачастую незагруженных, промышленных предприятий без существенных инвестиций.

Реновация отработанных изделий взамен изготовления таких же новых позволяет:

1) сохранить свыше 95 % ранее затраченных на их изготовление материальных, финансовых, энергетических, трудовых, невозобновляемых природных и других ресурсов;

2) многократно сократить объем потребления невозобновляемых природных ресурсов;

3) сократить количество технологических работ в 15–20 раз по сравнению с изготовлением их из первичных ресурсов;

4) кратно (в разы) продлить срок службы изделия при сохранении номинальных параметров;

5) в десятки раз снизить общее загрязнение окружающей среды при минимальных инвестициях;

б) учитывая ежегодное списание до 10–15 % различных сложных технических изделий, массовая реновация позволит сократить общую добычу природных невозобновляемых ресурсов до 10–15 % и еще больше снизить общее загрязнение окружающей среды.

Реновация отработанных изделий, как и ремонт, является объективной необходимостью развития машинного производства. Она позволяет не только повысить срок службы изделия, сохранить первичные трудовые, энергетические и материальные ресурсы, но и значительно снизить промышленное загрязнение окружающей среды.

Учитывая высокую экологическую эффективность реновации отработанной технической продукции, необходимо:

1. Разработать и внедрить экологические регламенты технических изделий. Возможность эффективной реновации изделий должна быть обязательным требованием их разработки и производства.

2. В конструкции новых моделей технических изделий следует предусматривать экологичность изделия как обязательный показатель, повышенную долговечность, многократность его использования, глубокую конструкторско-технологическую преемственность, высокую ремонтную и реновационную пригодность.

3. Максимально ограничить производство одноразовой продукции.

4. Законодательно обязать производителя продукции обеспечить ее сопровождение в течение всего жизненного цикла: от производства до рециклинга.

5. Ввести реальные научно-обоснованные экологические налоги и жесткую ответственность за использование невозобновляемых природных ресурсов.

6. Определить достойные льготы для экологически чистой продукции и технологии. Отдельной статьей выделить поощрения реновационной продукции и технологии.

7. В образовательных программах технических дисциплин подготовки различных специалистов всех уровней ввести обязательное изучение вопросов экологичности и реновации изделий. Аналогичные разделы предусмотреть и в соответствующих школьных программах.

8. Широко популяризировать реновацию изделий на уровне государственной политики.

На этапе реновации продукции загрязнения получают такие же, как и на этапе производства, только их количество на один-два порядка меньше [3, 28, 29]. Высокая экологическая и технико-экономическая эффективность реновации настолько очевидна, что она заслуживает приоритетной разработки государственной и международной ресурсосберегающей программы реновации технических изделий в плане комплексного освоения и сохранения недр Земли.

### 3.7 Утилизация изделий

Утилизация отдельных элементов изделия может производиться на этапах изготовления, использования и реновации. Назначение утилизации – переработка непригодных к ремонту и реновации изделий с целью вторичного использования материалов и захоронения отходов [43].

С ростом численности парка машин возрастает актуальность проблемы их утилизации после использования. Переработка деталей и узлов осуществляется прессованием, резкой, обработкой в дробильных установках. Созданы современные специальные шредерные предприятия по утилизации технических изделий. Продукты переработки очищаются от загрязнений, сортируются, отделяются тяжелые и цветные металлы, алюминиевые сплавы, пластмассы и другие материалы, которые брикетируются и продаются.

Повторное использование материалов является одним из путей сокращения выбросов вредных веществ и снижения энергозатрат при производстве продукции. Специалистами было подсчитано, что, по сравнению с производством стали из первородного сырья, получение ее методом переработки лома позволяет потреблять на 74 % меньше энергии, расходовать на 40 % меньше воды, снижать на 60 % выбросы вредных веществ в атмосферу [6].

Однако при утилизации использованной техники, на которую часто возлагают большие экологические надежды, неминуемы дополнительные затраты материальных ресурсов и энергии для переработки. Потери металла при переплавке и прокате достигают 20–30 % начального веса утилизируемого материала. Только при механической обработке отходы в стружку составляют 25 % веса заготовки, а по некоторым изделиям – 50–70 %.

Современное промышленное производство объективно предполагает многократное, по сравнению с объемом выпускаемых изделий, количество отходов. Поэтому необходимо проводить максимальную утилизацию использованной продукции, так как это предоставляет возможность существенно экономить природные ресурсы. Но утилизация не является кардинальным решением экологической проблемы.

Разумеется, все материальные ресурсы, после завершения жизненного цикла любого изделия, подлежат вторичному использованию. Однако утилизации обязательно должны предшествовать научно-обоснованное экологически, технически, функционально и экономически максимальное количество ремонтов, реноваций и других технических воздействий, повышающих долговечность изделий. Для снижения экологической напряженности и сохранения биосферы любой характер переработки промышленной продукции ничем не ограничивается, а путь на свалку – крайняя мера для особых случаев [16, 35].

#### **4 Экологичность реновации отработанных изделий**

Многokратное снижение расхода первичных материальных, трудовых затрат, энергии, невозобновляемых природных ресурсов и снижение загрязнений окружающей среды обеспечивает реновация отработанной промышленной продукции. Весовой износ, в результате которого изделие, например автомобиль, непригодно к дальнейшей эффективной эксплуатации, не превышает 0,5 %, а по деталям прецизионной группы эта величина составляет 0,1 %. После завершения первого регламентного цикла остаются неиспользованными и выводятся из оборота 99 % затраченных на изготовление объекта производства природных, трудовых, материальных и других ресурсов. При этом количество полученных загрязнений на 1–2 порядка превышает вес этого изделия [3].

В конце амортизационного срока изделия выбраковывается 20 % деталей, 20 % – годные без восстановления, а 60 % – имеют незначительный износ и пригодны для эффективного технико-экономического и экологического восстановления. Средний износ деталей составляет 0,1 мм и для его компенсации наращиваемого материала требуется, по крайней мере, на 1–2 порядка меньше по сравнению с новой деталью. При этом загрязнения снижаются в десятки и сотни раз по сравнению с первичным производством этих изделий (рисунки 4.1–4.3). Как видно, свыше 99 % материала отработанных деталей, производство которых уже привнесло значительные загрязнения, можно сохранить с минимальными затратами.

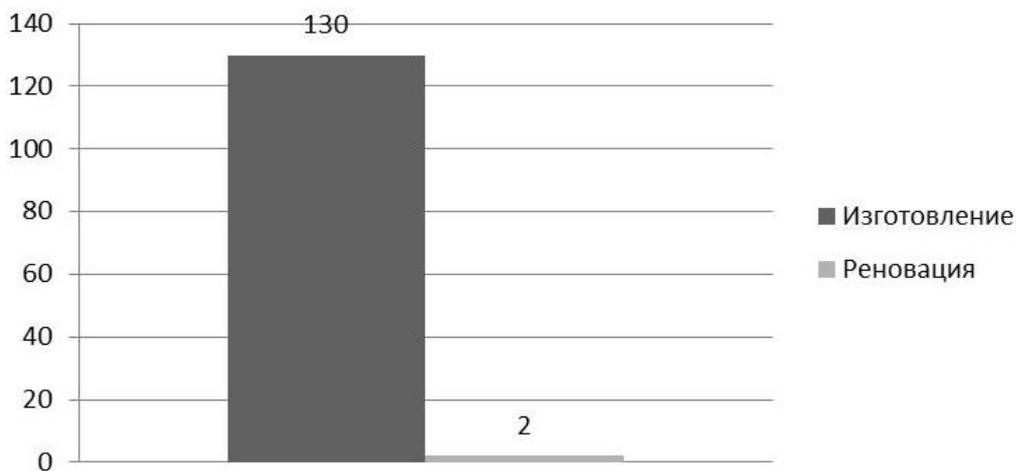


Рисунок 4.1 – Затраты металла (кг) для изготовления и реновации детали весом в 100 кг

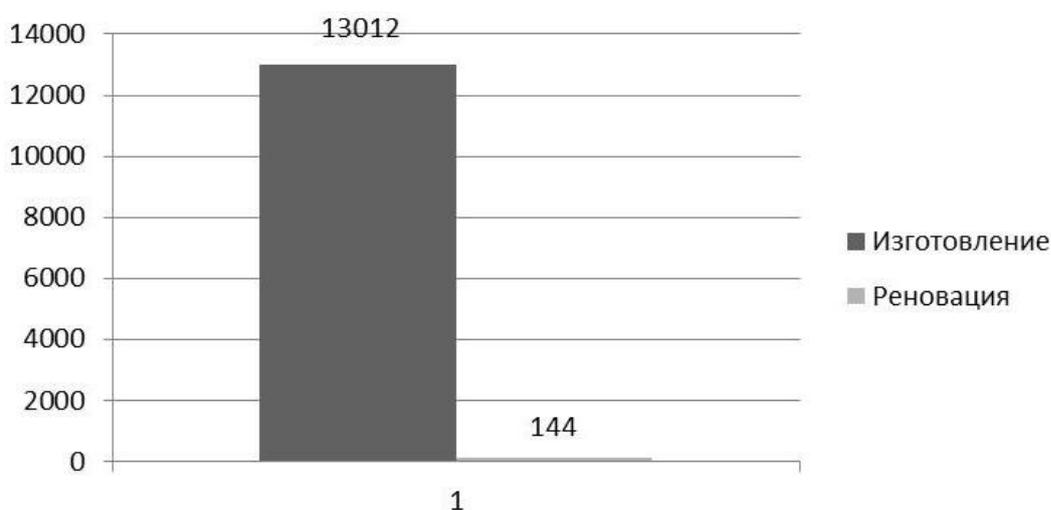


Рисунок 4.2 – Загрязнение окружающей среды (кг) при изготовлении и реновации детали весом в 100 кг



Рисунок 4.3 – Загрязнение при производстве и реновации коленчатого вала автомобиля ЗИЛ-130

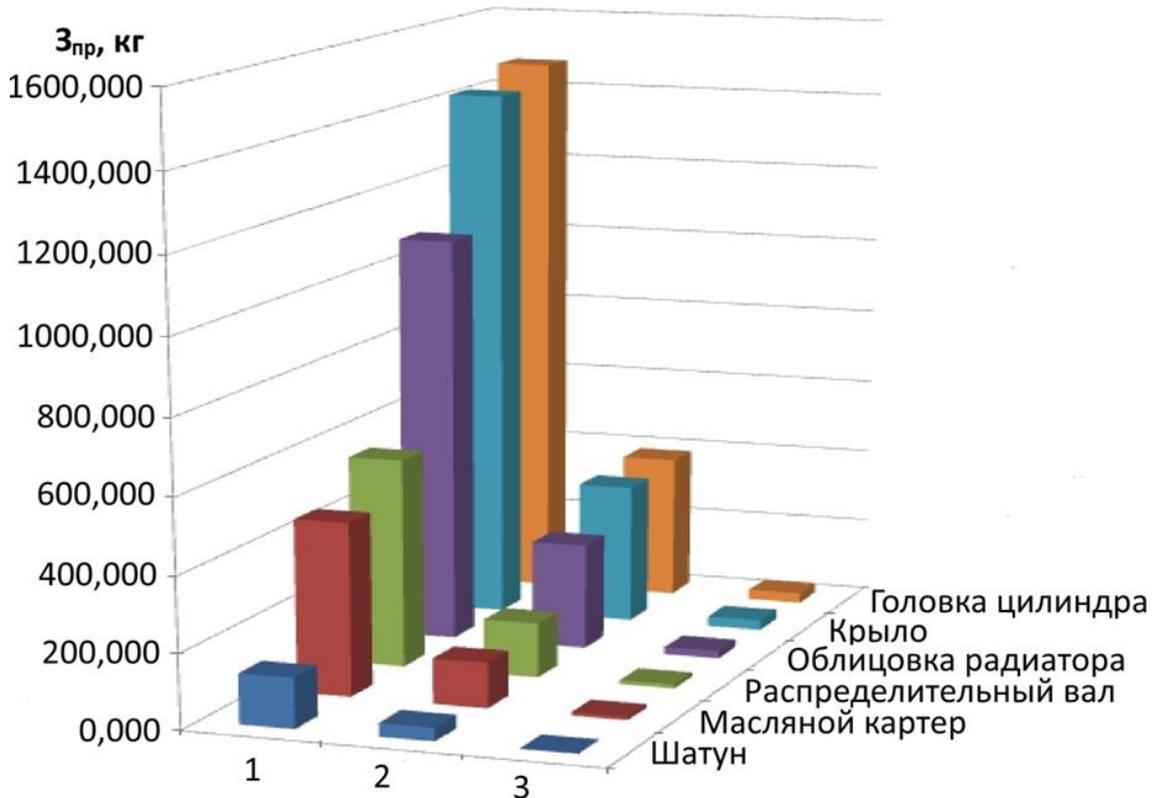
В [18] приведены данные, свидетельствующие о том, что энергозатраты при капитальном ремонте автомобильных двигателей в среднем в 11–12 раз меньше, чем при изготовлении. Здесь же отмечается, что основным источником загрязнения являются металлургические и энергогенерирующие предприятия. Данные по количественному и качественному составу некоторых выбросов по двигателям ЗИЛ и КАМАЗ представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Выбросы вредных веществ и энергозатраты при изготовлении и капитальном ремонте двигателя, (кг/дв)

Наименование	ЗИЛ – 509			КАМАЗ – 740		
	Изготовление	Капитальный ремонт	Кратность	Изготовление	Капитальный ремонт	Кратность
Аэрозоли	31,34	0,063	497	38,0	0,08	447
CO <sub>2</sub>	404,0	9,63	41,2	488	8,69	56,1
CO	79,2	0,278	284	95,9	0,64	149
NO <sub>x</sub>	0,85	0,246	3,45	0,86	0,10	8,51
SO <sub>2</sub>	18,77	0,007	2681	22,8	0,03	760
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	1,24	0,029	42,7	1,49	0,00	298
Энергозатраты, кВт·ч	8387	708,2	11,8	10140	845,1	12,0

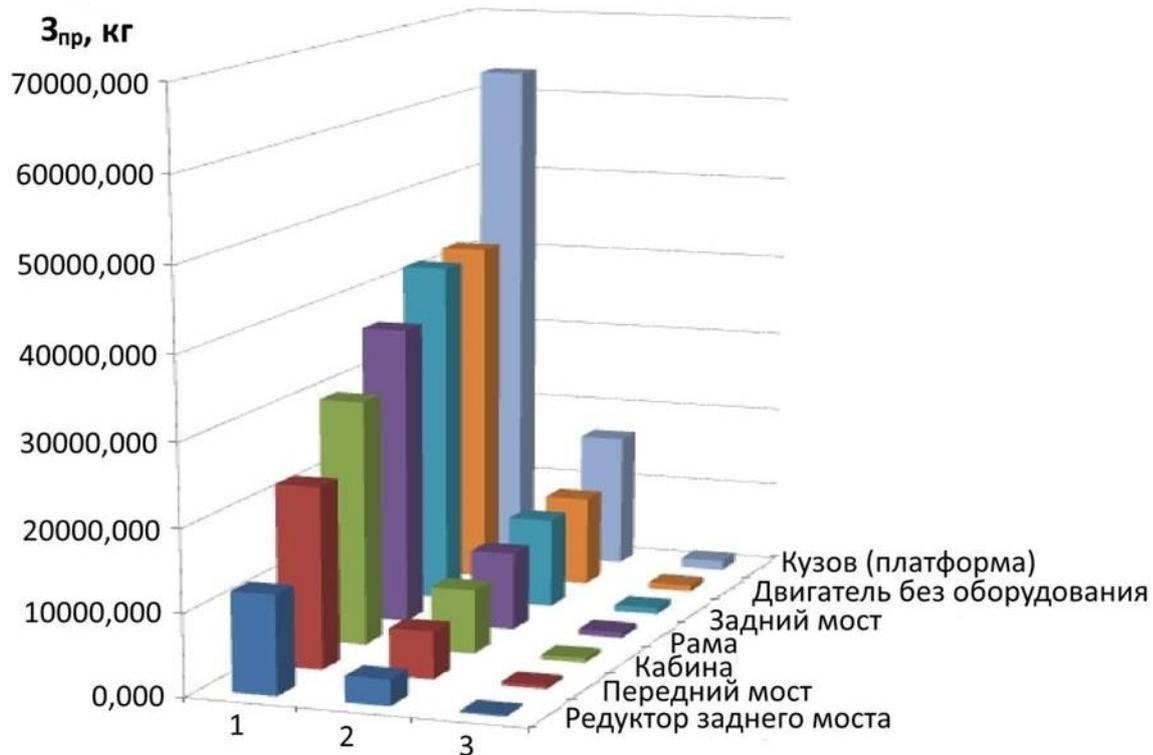
Диаграмма загрязнений при производстве из первичных материалов и реновации некоторых деталей и узлов автомобиля ЗИЛ представлена на рисунках 4.4 и 4.5. Расчет выполнен по вышеприведенной методике [30, 31].

Как видно, загрязнения при реновации по сравнению с изготовлением новых деталей снижаются в десятки и даже сотни раз. Примерно аналогичный расклад получается и по другим машинам. Даже с учетом выбраковки изношенных деталей (до 25 %) и получаемых загрязнений от реализации технологических процессов, экологичность реновации в десятки раз лучше экологичности новых деталей, изготовленных из невозобновляемых природных ресурсов.



1 – изготовление из первичного материала; 2 – изготовление из утилизированного материала; 3 – реновация

Рисунок 4.4 – Диаграмма загрязнений по сборочным единицам массой до 20 кг



1 – изготовление из первичного материала; 2 – изготовление из утилизированного материала; 3 – реновация

Рисунок 4.5 – Диаграмма загрязнений по сборочным единицам массой более 120 кг

Высокая технико-экономическая эффективность восстановления изношенных деталей машин обусловлена природой самого машинного производства, она была доказана работами многих ученых и наличием крупнейших ремонтных предприятий во всех сферах технической жизни [38, 42, 45].

Существующие крупные ремонтные предприятия восстанавливают различные технические изделия и не имеют ничего общего с кустарным производством: авиа- и судоремонтные предприятия, ремонтно-механические цехи металлургических и машиностроительных заводов и др. Предприятия оснащены современной техникой, на них применяют современные технологии, в них задействовано свыше 30 % технологического оборудования и всех работающих. Объем выпускаемой ими продукции сопоставим, а зачастую и превышает объем первичного производства технических изделий. Эта крупнейшая отрасль не имеет должного научно-технического, организационного и экономического обеспечения. Совершенно не учитывается ее значимый экологический потенциал, а потому полномасштабно не реализуется ее главное предназначение – реновация изношенных деталей и машин.

В настоящее время на запасные части различной техники расходуется до 40 % всего выплавляемого черного металла, третья часть цветного металла и пластмасс. В то же время свыше 80 % изношенных, но имеющих до 95 % остаточной стоимости и ресурса, деталей выбрасывается безвозвратно или частично поступает на переплавку, при которой более половины металла теряется. Особенно это характерно для автомобильной, сельскохозяйственной и дорожной техники, для производства которой используется свыше 30 % мирового производства черных металлов, а ремонт ее осуществляется, как правило, в мелких кустарных мастерских в основном заменой изношенных деталей.

Конечно, ни соответствующего качества, ни производительности эти предприятия обеспечить не могут, но даже при этом экологическая эффективность их деятельности достаточно высока и она должна поощряться за счет экологических налогов на «грязную» продукцию.

Сегодня в мире большинство материалов используется только один раз и безвозвратно теряется. Это около 2/3 алюминия, 3/4 стали и бумаги и еще больше пластмасс [39]. Более сотни миллионов тонн (примерно 10 %) из выплавляемого за год только черного металла изначально планируется выбросить на свалку или утилизировать. Такова объективная реальность современного промышленного «прогресса», которую необходимо учитывать на всех стадиях создания и использования технической продукции. Важнейшим этапом в этом направлении является реновация технических изделий.

Все потери материалов (в том числе и крупнейшие автомобильные свалки Японии, Европы и Америки, причина которых заложена в антисоциальном распределении материальных ресурсов планеты) связаны не только с экономическими потерями, но и с огромным экологическим загрязнением при первичном производстве этих материалов [14]. Поэтому необходима жесткая регламентация первичной материалоемкости, которую и определяет производственная экологичность конструкции изделия.

Создание реновационной индустрии изделий – это не только кардинальное решение проблем ресурсосбережения и экологии, но и развитие производства, создание без существенных инвестиций новых рабочих мест на базе имеющихся незагруженных предприятий. Оно позволяет в значительной степени компенсировать ущерб от ранее забранных природных ресурсов и при минимальных затратах достаточно быстро уменьшить экологическую напряженность.

Техническая сторона реновационного производства решена практически полностью на всех уровнях, однако его организация требует проработки ряда организационных, законодательных и других вопросов.

В настоящее время нет более экологически чистого производства, чем реновационное. Реализация предлагаемой концепции не требует значительных инвестиций и может быть организована переориентацией имеющихся незагруженных мощностей на реновацию изделий. Для этого не требуется дорогостоящего оборудования, ведь технологические процессы обработки изделий почти одинаковы для восстанавливаемых деталей и новых, изготавливаемых из первичных ресурсов. Отличие состоит в режимах обработки, в де-

сятки раз меньших объемах технологических работ и в 15–20 раз меньшей материало- и энергоемкости [25].

Реновационное производство, технико-экономические показатели которого не вызывают сомнений [11, 12, 21], позволяет наиболее полно смоделировать техносферный круговорот веществ и максимально сохранить полезные элементы, содержащиеся в изделиях.

В современной и в обозримой будущей социально-экономической ситуации промышленная реновация отработанных технических изделий – это реальный и единственный эффективный метод сохранения уже использованных природных и других ресурсов, позволяющий значительно снизить ЗОС. Реновационное производство, наряду с концепцией минимума затрат и максимума прибыли, реализует концепцию устойчивого баланса в потреблении и добычи природных ресурсов.

Для повышения реновационной пригодности промышленной продукции при проектировании и изготовлении новых изделий необходимо максимально соблюдать конструкторскую и технологическую наследственность. Основная элементная база серийных и массовых изделий должна оставаться неизменной при получении нового качества, которое обеспечивается изменением набора деталей, их логическим предназначением, модернизацией и др.

Если внимательно проанализировать подетальный состав массовых изделий и их новых модификаций (транспорт, металлорежущее оборудование, бытовая техника, транспорт и т. д.), то можно видеть, что свыше 80 % составных частей технических изделий (сборочных единиц различного порядка) полностью повторяют предыдущую конструкцию, а 20 % имеют конструктивные изменения, очень часто технико-экономически и экологически необоснованные. Другого и не может быть, т. к. общий принцип действия изделия функционально не изменяется. Только около 10 % сборочных единиц имеют существенные отличия от предшественников, что обусловлено глубокой модернизацией. В США, например, действует жесткое правило, согласно которому конструктор не имеет права использовать в создаваемых машинах более 20 % оригинальных узлов и деталей.

Изменение конструкции составных частей нового изделия должно быть обосновано в первую очередь экологически. Для этого необходимы соответствующие эколого-экономические регламенты, разработанные на основе стандарта экологичности изделия. Проектирование и изготовление даже специальной и принципиально новой конструкции изделия должно быть экологически обосновано. Совершенствование существующих изделий и разработка новых конечно необходимы, но приоритет должен быть у реновационной концепции производства. В противном случае через 30–50 лет могут исчезнуть необходимые ресурсы, а планета погрязнет в отходах «технического прогресса».

Учитывая высокую экологическую эффективность реновации, в конструкции новых моделей технического изделия следует предусматривать повышенную долговечность, многократность его использования, глубокую конструкторско-технологическую преемственность, высокую реновационную и ремонтную пригодность. Нередко конструктивные изменения изделий в ущерб экологичности и даже экономичности проводятся в угоду потребительским капризам сверхдостаточности небольших, но сверхбогатых групп, сообществ и государств, которые на самых высоких уровнях лоббируют свои узкоэгоистические интересы и полностью игнорируют экологические проблемы.

В Европе ежегодно под пресс идут около 12 млн автомобилей массового производства. Расходы на эти мероприятия превышают 2,1 млрд евро, а экологический ущерб от производства такого же количества автомобилей – около 50 млрд долларов (принимая социально-экологический ущерб от эксплуатации автомобиля ЗИЛ-4502 – 2813 долларов [16]). Никто из производителей не думает о том, что производство технических изделий из первичных природных ресурсов дает свыше 98 % всех загрязнений планеты, а при изготовлении каждого первичного изделия получается столько же (и даже значительно больше) загрязнений, сколько оно дает их за все время амортизации [3].

Для организации реновационного производства соответствующей проработки требуют логистические вопросы сбора изношенных изделий, оптимизации изготовления первичных и реновацион-

ных изделий и т. д. В этом направлении имеется многолетний опыт научно-производственных предприятий: «Сельхозтехника», Государственный научно-исследовательский технологический институт (ГОСНИТИ), «РОСАВТОРЕМОНТ» и др. Исследования этих организаций и богатый производственный опыт многих предприятий по ремонту различной техники являются хорошим фундаментом реновационного производства на новом, индустриально-экологическом уровне [21, 25, 28, 37, 42].

Возможность эффективной реновации технических изделий должна быть обязательным требованием их разработки и производства. Поэтому необходимы соответствующие законодательные регламенты, предусматривающие не только реновационные требования к промышленной продукции, но и изучение вопросов экологичности и реновации изделий в соответствующих технических дисциплинах подготовки различных специалистов всех уровней.

Программа изучения каждой технической дисциплины должна предусматривать реновационно-экологический раздел. Это будет в значительной степени способствовать сохранению невозобновляемых природных ресурсов и окружающей среды.

В настоящее время стихийно увеличивается сеть частных авторемонтных и других предприятий, которые прибыльно ремонтируют различную технику, успешно конкурируя с машиностроительными заводами. Авиаремонтные, судоремонтные, рудоремонтные, вагоноремонтные и другие заводы и крупные цеха металлургических и машиностроительных предприятий активно продолжают эффективно восстанавливать свою технику, сохраняя значительные первичные сырьевые, энергетические, трудовые, материальные, финансовые ресурсы, способствуя тем самым значительному снижению общей экологической напряженности.

Известно, что реновационное производство различной техники достаточно широко распространено во всем мире. В США ремонтом техники занимается свыше 70 тыс. предприятий, в том числе более 50 % – различными видами ремонта автомобилей [44]. Фирма Caterpillar построила в 2000 году завод в г. Коринф (штат Миссисипи) по ремонту 4000 дизельных двигателей и блоков цилиндров в год с восстановлением 100 % ресурса. Цена отремон-

тированного двигателя не превышает половины цены нового. Эффект от ремонта и модернизации двигателей оказался настолько значительным, что Caterpillar создал новое отделение, выручка от деятельности которого в 2005 году составила уже 1 млрд долларов [17]. Фирма «Рей Си Кол» в промышленных масштабах восстанавливает газотермическим напылением коленчатые валы и ремонтирует другую продукцию фирмы «Дизель Детройт-Элиссон». Стоимость восстановленного вала в 5 раз ниже нового, а ресурс значительно выше.

Фирма «Рено» на трех специальных заводах организовала восстановление агрегатов своих автомобилей. До 45 % деталей автомобилей фирмы «Крайслер» используются после восстановления. Компания «Тойота» повторно использует обновленные морские грузовые контейнеры, первоначальный срок службы которых 20 лет.

В Японии федеральное законодательство основывается на принципе «трех R» (Recycle, Recovery and Reuse) – утилизация, восстановление и повторное использование. Некоторые японские фирмы, например «Тойота», в 2010 г. увеличили в 10 раз, по сравнению с 2002 г., продажу восстановленных узлов и деталей [7].

Ремонтные и реновационные предприятия, не предполагая того, выпускают самую экологически чистую продукцию, сохраняя природные ресурсы Земли. Экологичность всей этой вторичной техники выше первичной более чем в 10 раз, так как на нее во столько же раз меньше затрачено природных ресурсов.

Реновационное производство в настоящее время – это реальная и единственная экологическая альтернатива первичному производству отработанной техники. Однако до сих пор в некоторых научных, производственно-технических, управленческих и государственных структурах существует устойчивое мнение о безыносной равнопрочной машине, не требующей ремонта и реновации вообще. Последнее невозможно даже теоретически, т. к. отказ в работе изделия есть функция многих переменных: нагрузка, скорость трения, материал деталей, структура поверхности трения, смазка, условия работы сопряжений и т. д. Однозначное решение такого уравнения даже относительно нескольких деталей одного изделия невозможно, тем более для сотен и тысяч деталей сложной техники.

Поэтому создание равнопрочной машины в обозримом будущем невозможно. Даже самые долговечные изделия имеют весьма значительный разброс срока службы составных частей по количественным показателям и во времени, что объективно требует проведения ремонтных и реновационных работ.

В настоящее время, когда экологические проблемы несут непосредственную угрозу дальнейшему существованию нашей планеты, актуальность ремонта и реновации машин, как самого экологически чистого производства, приобретает приоритетное значение во всех сферах жизнедеятельности общества. Игнорирование реновации промышленной продукции приводит к прогрессивному уничтожению невозобновляемых природных ресурсов и загрязнению окружающей среды. Современное кризисное экологическое состояние планеты является ярким тому подтверждением.

Однако нынешний производитель продукции и в первую очередь олигархический капитал менее всего думает об экологии и о продлении регламентного ресурса своей продукции. Его интересует сегодняшняя прибыль любой ценой. Поэтому вопросами промышленного ремонта и реновации изделий массового производства (автомобили, бытовая техника, сельхозтехника, дорожно-строительные машины и др.) производители не занимаются, и не будут заниматься до тех пор, пока государство для них не установит жесткий экологический коридор.

Учитывая ежегодное списание до 10 % от выпуска различных сложных технических изделий (автомобилей – до 20 %, одноразовых изделий – 100 %), массовая реновация позволит сократить свыше 10 % мировой добычи природных невозобновляемых ресурсов, и еще более снизить общее загрязнение окружающей среды.

Ремонт и реновация технических изделий – это закон функционирования машинного производства, игнорирование которого в настоящее время уже приводит к необратимым экологическим последствиям.

Реализация концепции массовой реновации промышленной продукции позволит в значительной степени обеспечить кругооборот природных ресурсов и сохранение среды нашего обитания.

Возможность эффективной реновации технических изделий должна быть обязательным требованием их разработки и производства. Поэтому необходимы соответствующие законодательные государственные (и межгосударственные) акты и регламенты, предусматривающие не только реновационные требования к промышленной продукции, но и изучение вопросов экологичности реновации изделий в соответствующих дисциплинах подготовки различных специалистов всех уровней. Программы изучения технических дисциплин должны предусматривать реновационно-экологический раздел, который необходимо ввести и в соответствующие школьные образовательные программы. Именно по этой проблеме, наконец-то, было принято соответствующее решение заседания рабочей группы по сельскохозяйственному и транспортному машиностроению Минпромторга РФ в апреле 2024 года<sup>1</sup>.

Для реализации экологической концепции массовой реновации промышленной продукции необходимо:

1. На государственном и межгосударственном уровне разработать и принять законодательную базу реновационной концепции технической продукции.

2. Максимально ограничить производство одноразовой продукции.

3. Обязать производителей обеспечить полное техническое сопровождение своей продукции за весь жизненный цикл – от изготовления до рециклинга.

Реновационное промышленное производство отработанных технических изделий – это экологический прорыв в решении проблемы сохранения среды нашего обитания, поэтому оно заслуживает более пристального внимания в научной, образовательной, производственно-технической и государственной сфере.

---

<sup>1</sup> МИНПРОМТОРГ РОССИИ. Протокол заседания рабочей группы по сельскохозяйственному и транспортному машиностроению при Консультативном совете Минпромторга РФ 17 апреля 2024 г.

## ВЫВОДЫ

Загрязнение окружающей среды в настоящее время настолько близко к катастрофическому, что экологические проблемы планеты требуют приоритетного внимания во всех сферах человеческой деятельности:

- объем добычи и потребления невозобновляемых природных ресурсов, которые полезно используются на 1,5–2 %, определяют уровень загрязнения окружающей среды;

- порочная природа человека, являющаяся объективным законом его существования, препятствует введению действенных экологических (и многих других) регламентов, направленных на сохранение окружающей среды;

- для оценки негативного воздействия выпускаемой продукции на окружающую среду предложен показатель «экологичность конструкции технического изделия», определяющий уровень загрязнения окружающей среды каждым техническим изделием на всех этапах его жизненного цикла;

- разработана методика расчета производственной экологичности конструкции технического изделия;

- ремонт и реновация отработанных изделий являются объективным законом функционирования машинного производства, несоблюдение которого уже приводит к необратимым экологическим последствиям;

- экологичность реновации изделий многократно выше экологичности их утилизации;

- в современных условиях кризисного экологического состояния планеты актуальность реновационного производства отработанных технических изделий многократно возрастает и представляется наиболее эффективным решением проблемы снижения ЗОС;

- реновация отработанных изделий взамен изготовления таких же новых сохраняет свыше 95 % ранее затраченных на них энергетических, трудовых, материальных и невозобновляемых природных ресурсов, при этом в десятки раз снижается загрязнение окружающей среды и примерно в 2 раза увеличивается срок службы изделий при сохранении их номинальных параметров;

– учитывая ежегодное списание до 10 % различных сложных технических изделий, реновация позволит сократить до 10 % мировой добычи природных невозобновляемых ресурсов и еще более снизить общее загрязнение окружающей среды;

– себестоимость реновации изделий до номинальных параметров составляет не более 30 % от новых, с учетом всех затрат на добычу, переработку материалов и энергию, показатель себестоимости будет значительно (кратно) ниже;

– реновация не требует значительных инвестиций, она может быть реализована на базе существующих предприятий – производителей продукции;

– возможность эффективной реновации технических изделий должна быть обязательным требованием их разработки и производства;

– необходимы соответствующие законодательные акты и регламенты, предусматривающие не только реновационные требования к промышленной продукции, но и изучение вопросов экологичности реновации изделий в соответствующих дисциплинах подготовки различных специалистов всех уровней. Программы изучения технических дисциплин должны предусматривать реновационно-экологический раздел, который необходимо ввести и в соответствующие школьные образовательные программы;

– высокая экологичность и технико-экономическая эффективность реновации заслуживает приоритетной разработки государственной и межгосударственной программы реновации технических изделий в плане комплексного освоения и сохранения недр Земли.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акимова, Т. А. Экология. Природа – Человек – Техника : учебник / Т. А. Акимова, А. П. Кузьмин, В. В. Хаскин. – Москва : Экономика, 2001. – 340 с.
2. Антифрикционные покрытия гильз цилиндров / Б. В. Намаконов, В. В. Кисель, В. П. Лялякин. – Москва : Московский технологический институт, 1988. – 12 с.
3. Намаконов, Б. В. Экологичность промышленной реновации изделий : монография / Б. В. Намаконов. – Германия : LAP-Lambert Academic Publishing, 2012. – 73 с. – ISBN: 978-3-659-16058-5.
4. Бурумкулов, Ф. Х. Ресурсосбережение на основе повышения межремонтной наработки изделия / Ф. Х. Бурумкулов, В. И. Иванов, С. А. Величко // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 5. – С. 19–23.
5. Болонкин, А. А. Бессмертие людей и электронная цивилизация / А. А. Болонкин. – Текст : электронный. – URL: [https://bolonkin.narod.ru/Book\\_Immortality\\_in\\_Russian.htm](https://bolonkin.narod.ru/Book_Immortality_in_Russian.htm).
6. Воронцов, Ю. М. Авторециклинг – новая индустрия России? / Ю. М. Воронцов // Рециклинг отходов. – 2006. – № 1(1). – С. 4–7.
7. Волгин, В. В. Запасные части. Энциклопедия бизнеса / В. В. Волгин. – Москва : Ось-89, 2010. – 464 с.
8. Гаркунов, Д. Н. Триботехника. Краткий курс / Д. Н. Гаркунов, Э. Л. Мельников, В. С. Гаврилюк. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 344 с.
9. Губич, Л. В. Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделий машиностроения: проблемы и решения : монография / Л. В. Губич. – Текст : электронный. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск : Белорусская наука, 2010. – 286 с. – ISBN 978-985-08-1243-8. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/12300.html> (дата обращения: 16.01.2020).
10. Гальванические покрытия в машиностроении : справочник [в 2 томах] / В. И. Игнатъев, Н. С. Ионичева, А. В. Марейчев [и др.]; под редакцией М. А. Шлугера. – Москва : Машиностроение, 1985. – 2 т.
11. Ельцов, В. В. Восстановление и упрочнение деталей машин : электронное учебное пособие / В. В. Ельцов. – Текст : электронный.

- Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. – 335 с. – URL: <https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/49/1/Eltsov%201-81-13%20-%20eui%20-%20Z.pdf> .
12. Зорин, В. А. Курс лекций по дисциплине «Теоретические основы ремонта транспортно-технологических машин» / В. А. Зорин, А. П. Павлов. – Москва : МАДИ, 2014. – 184 с.
13. Садкова, Е. Земля впервые нагрелась на 2 °С выше доиндустриального уровня / Е. Садкова. – Текст : электронный // Hi-tech : [сайт]. – 2023. – 22 ноября. – URL: [https://hi-tech.mail.ru/news/104245-zemlya-vpervye-nagrelas-vyshe-doindustrialki/?frommail=ft\\_ml](https://hi-tech.mail.ru/news/104245-zemlya-vpervye-nagrelas-vyshe-doindustrialki/?frommail=ft_ml) .
14. Инновационные технологии реновации в машиностроении : сборник трудов Международной научно-технической конференции, посвященной 150-летию факультета «Машиностроительные технологии» и кафедры «Технологии обработки материалов» МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, 4–5 февраля 2019 г. / под общей редакцией В. Ю. Лавриненко. – Москва : ИИУ МГОУ, 2019. – 482 с. – ISBN 978-5-7017-2700-5.
15. Канило, П. М. Автомобиль и окружающая среда / П. М. Канило, И. С. Бей, А. И. Ровенский. – Харьков : Прапор, 2000. – 320 с.
16. Корчагин, В. А. Общая и инженерная экология / В. А. Корчагин, В. И. Сорокин, П. Г. Коваленко. – Липецк : Изд-во ЛГТУ, 1997. – 212 с.
17. Климатический саммит COP28: итоги главного климатического события года. – Текст : электронный // Центр международных и сравнительно-правовых исследований : [сайт]. – URL: <https://iclrc.ru/ru/news/201> .
18. Луканин, В. Н. Промышленно-транспортная экология : учебник для вузов / В. Н. Луканин, Ю. В. Трофименко. – Москва : Высшая школа, 2001. – 273 с.
19. Латунирование деталей машин методом линейного и точечного фрикционного контакта. – Текст : электронный. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Vw7TBEZYlso> .
20. Леонтьев, А. Н. Технологии производства и ремонта колесных и гусеничных машин : учебное пособие / А. Н. Леонтьев, В. В. Евстифеев, В. П. Расщупкин. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2008. – 132 с.

21. Лялякин, В. П. Восстановление деталей – важное направление в исследованиях ГОСНИТИ / В. П. Лялякин // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т. 113. – С. 236–241.
22. Митрохин, Н. Н. Утилизация и рециклинг автомобилей : учебное пособие / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. – Москва : МАДИ, 2015. – 120 с. – ISBN 978-5-7962-0184-8.
23. Намаконов, Б. В. Антифрикционные покрытия гильз цилиндров / Б. В. Намаконов, В. П. Лялякин, В. В. Кисель // Ремдеталь – 88 : тезисы докладов научно-практической конференции стран-членов СЭВ, Пятигорск, 17–21 октября 1988 г. – Пятигорск. – 1988. – Ч. 1. – С. 88–90.
24. Намаконов, Б. В. Фрикционная обработка гильз / Б. В. Намаконов, В. П. Лялякин, В. В. Кисель // Автомобильный транспорт. – 1989. – № 4. – С. 36–37.
25. Namakonov, B. Ecological Efficiency of Restoration of Worn Technical Products / B. Namakonov, E. Melnikov, A. Poliakova // Journal of Chemical, Environmental and Biological Engineering. – 2019. – № 2, Vol. 3, Issue 2. – P. 25–28.
26. Намаконов, Б. В. Реновация как экологический фактор устойчивого развития. Ремонт, восстановление, модернизация / Б. В. Намаконов, Э. Л. Мельников. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2019. – № 10. – С. 46–48. – DOI: 10.31044 / 1684-2561-2019-0-10-46-48.
27. Намаконов, Б. В. Электролитическое натирание двухслойного медно-никелевого покрытия / Б. В. Намаконов, А. А. Кушнарёв. – Текст : электронный // Новые материалы и технологии в машиностроении-2012 : материалы международной интернет-конференции : на базе Брянской государственной инженерно-технологической Академии. – URL: [http://science-bsea.narod.ru/2012/mashin\\_2012\\_16/namakonov\\_elektro.htm](http://science-bsea.narod.ru/2012/mashin_2012_16/namakonov_elektro.htm) .
28. Намаконов, Б. В. Реновация машин – один из основных путей решения инженерно-экологических проблем XXI века / Б. В. Намаконов // Инженерная экология. – 2006. – № 2. – С. 54–56.
29. Намаконов, Б. В. Проблемы и пути снижения загрязнений окружающей среды / Б. В. Намаконов. – Текст : электронный // Проблеми екології. – 2009. – № 1–2. – URL: <http://ea.donntu.ru:8080/bitstream/123456789/11091/1/Namakonov.pdf> .

30. Намаконов, Б. В. Методика расчета производственной экологичности машин / Б. В. Намаконов // Тяжелое машиностроение. – 2009. – № 3. – С. 28–30.
31. Намаконов, Б. В. Расчет количества загрязнений окружающей среды техническими изделиями / Б. В. Намаконов. – Текст : электронный // Новые материалы и технологии в машиностроении : сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. – URL: <http://www.adidonntu.ru/node/307> (ссылка 1).
32. Особенности технологии и виды наплавки металла. – Текст : электронный // WikiMetall.ru : [сайт]. – URL: <https://wikimetall.ru/metalloobrabotka/naplavkametalla.html?ysclid=lrirzpz671y300545005#i-10>.
33. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве / А. Н. Никифоров, В. А. Токарев, В. А. Борзенков [и др.]. – Москва : ВИМ, 1995. – 39 с.
34. Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе: научное издание / В. Ф. Федоренко, М. Н. Ерохин, В. И. Балабанов [и др.]. – Москва : Росинформ-агротех, 2011. – 312 с.
35. Прохоров, В. Ю. Экология транспорта : учебное пособие / В. Ю. Прохоров, Д. В. Акинин, Н. В. Гренц. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – Саратов : Ай-Пи-Эр-Медиа, 2019. – 69 с. – ISBN 978-5-4486-0759-2. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/83283.html> (дата обращения: 16.01.2020).
36. Промышленная экология : учебное пособие / Ю. В. Бородин, М. Э. Гусельников [и др.]. – Томск : Изд-во ТПУ, 2005. – 120 с.
37. Реновация в машиностроении / Ю. Ф. Абакумов, А. В. Козлов, С. С. Зуйков, Р. Ф. Юсипов // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т. 113. – С. 249–257.
38. Ремонт автомобилей : учебник / В. П. Иванов, А. С. Савич, В. К. Ярошевич [и др.]. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – 336 с. – ISBN 978-985-06-2389-8.
39. Стан Світу 2002 / К. Флавін [та ін.] ; переклад з англійської : ВГО «Україна. Порядок денний на ХХІ століття та інститут сталого розвитку». – Київ, Інтелсфера, 2002. – 289 с.

40. Сидоров, В. П. Электронно-лучевая сварка. Технологические особенности и оборудование : учебное пособие / В. П. Сидоров, А. В. Мельзитдинова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – 96 с.
41. Справочник специалиста по ремонту машин / под редакцией В. А. Зорина. – Москва : Академкнига, 2007. – 380 с.
42. Технология авторемонтного производства : [учебник для специальности «Эксплуатация автомоб. транспорта» вузов] / под редакцией К. Т. Кошкина. – Москва : Транспорт, 1969. – 568 с.
43. Утилизация автомобилей : научная монография / Ю. В. Трофименко, Ю. М. Воронцов, К. Ю. Трофименко. – Москва : АКПРЕСС, 2011. – 336 с.
44. Харламов, Ю. А. Некоторые тенденции развития вторичного производства / Ю. А. Харламов // Инженерия поверхности и реновации изделий : материалы 7-й Международной научно-технической конференции, Киев, 20–24 мая 2007. – Киев : Ассоциация технологов-машиностроителей Украины, 2007. – С. 214.
45. Шадричев, В. А. Основы технологии автостроения и ремонта автомобилей / В. А. Шадричев. – Ленинград : Машиностроение, 1976. – 500 с.
46. Süddeutsche Zeitung : климат на планете становится все теплее и хуже. – Текст : электронный // ИноТВ : [сайт]. – 2018. – 3 авг. – URL: <https://ru.rt.com/Ifcuu> .
47. World resource extraction could surge 60 % by 2060, UN warns. – Текст : электронный // PHYS-ORG : [сайт]. – 2024. – 1 марта. – URL: <https://phys.org/news/2024-03-world-resource-surge.html> .
48. Использование различных видов ресурсов. – Текст : электронный // StudFiles : [сайт]. – URL: <https://studfile.net/preview/2661306/page:2/> .

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Расчет количества загрязнений окружающей среды при изготовлении и реновации изделий [3]

#### Расчет количества загрязнений окружающей среды при изготовлении и реновации коленчатого вала двигателя КАМАЗ (вес – 76 кг)

Для расчета количества загрязнений при производстве изделий используется следующая формула:

$$Z_{\text{ПР}} = K_{\text{ТЕХН}} \cdot \frac{M_{\text{ИЗД}} \cdot K_{\text{ПЕРВ}}}{K_{\text{ИМ}} \cdot K_{\text{ДОЛГ}}} \cdot \left( \frac{1}{K_{\text{ПРИР}}} + 4 \cdot \mathcal{E}_{\text{УД}} \right),$$

где  $K_{\text{ТЕХН}}$  – коэффициент, учитывающий технологические загрязнения при производстве изделия. Принимается равным 1,20...1,25;

$M_{\text{ИЗД}}$  – масса материала изделия, кг. Принимается по исходным данным;

$K_{\text{ПЕРВ}}$  – коэффициент первичности материала, учитывающий количественную долю первичного природного материала в заготовке изделия:

$$K_{\text{ПЕРВ}} = \frac{M_{\text{ПЕРВ}}}{M_{\text{ЗАГ}}},$$

где  $M_{\text{ПЕРВ}}$  – масса первичного материала в заготовке изделия;

$M_{\text{ЗАГ}}$  – масса заготовки.

Если при изготовлении изделия используются только первичные материалы, тогда  $K_{\text{ПЕРВ}} = 1,0$  и  $M_{\text{ЗАГ}} = M_{\text{ПЕРВ}}$ . Если используется и вторичный материал, тогда  $K_{\text{ПЕРВ}} = 0,3...0,7$ . При реновации изделий  $K_{\text{ПЕРВ}} = 0,01...0,02$ ;

$K_{\text{ИМ}}$  – коэффициент использования материала  $K_{\text{ИМ}} = \frac{M_{\text{ИЗД}}}{M_{\text{ЗАГ}}}$  принимается равным 0,5...0,8;

$K_{\text{ДОЛГ}}$  – коэффициент повышения долговечности нового изделия по сравнению с аналогичным существующим. Если долговечность его не меняется, то  $K_{\text{ДОЛГ}} = 1,0$ ;

$K_{\text{ПРИР}}$  – коэффициент использования природных ресурсов, который показывает полезно используемую часть от общего объема добываемых природных ресурсов. Его принимают равным 0,015...0,020.

4 – удельные выбросы на единицу энергоресурсов. Удельные выбросы на 1 кг у.т. = 4 кг (принимаются условно из уравнения реакции горения углерода). На 1 МДж – 0,14 кг; на 1 ккал – 0,0006 кг; на 1 кВт·ч – 0,49 кг;

$\mathcal{E}_{\text{УД}}$  – количество энергоресурсов (в кг у.т.), затраченных на производство единицы первичного материала (начиная от добычи полезных ископаемых, переработки их, транспортных затрат, инфраструктуры и др.). Эта величина принимается из таблицы 2 «Затраты энергии на производство единицы материала изделия или выполнения работы данного вида» (1 кг у.т. = 29,3 Мдж.

1 Мдж = 0,034 кг у.т.).

### ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТА:

сталь

Вводимые данные							З <sub>ПР, кг</sub>
К <sub>ТЕХН</sub>	М <sub>ИЗД, кг</sub>	К <sub>ПЕРВ</sub>	К <sub>ИМ</sub>	К <sub>ДОЛГ</sub>	К <sub>ПРИР</sub>	Э <sub>УД</sub>	
1,25	76	0,025	0,7	1	0,015	1,55	247,226

алюминий

Вводимые данные							З <sub>ПР, кг</sub>
К <sub>ТЕХН</sub>	М <sub>ИЗД, кг</sub>	К <sub>ПЕРВ</sub>	К <sub>ИМ</sub>	К <sub>ДОЛГ</sub>	К <sub>ПРИР</sub>	Э <sub>УД</sub>	
1,25	1	1	0,7	1	0,015	11,66	202,333

медь

Вводимые данные							З <sub>ПР, кг</sub>
К <sub>ТЕХН</sub>	М <sub>ИЗД, кг</sub>	К <sub>ПЕРВ</sub>	К <sub>ИМ</sub>	К <sub>ДОЛГ</sub>	К <sub>ПРИР</sub>	Э <sub>УД</sub>	
1,25	1	1	0,7	1	0,015	2,85	139,405

свинец

Вводимые данные							З <sub>ПР, кг</sub>
К <sub>ТЕХН</sub>	М <sub>ИЗД, кг</sub>	К <sub>ПЕРВ</sub>	К <sub>ИМ</sub>	К <sub>ДОЛГ</sub>	К <sub>ПРИР</sub>	Э <sub>УД</sub>	
1,25	1	1	0,7	1	0,015	8,25	177,976

### Загрязнения окружающей среды, кг



## Дополнительные данные для расчета количества загрязнений окружающей среды

Наименование объекта	Энергетический эквивалент	Энергосодержание ТЭР, МДж/кг
<b>Топливо-энергетические ресурсы (МДж/кг) [33]*</b>		
Топливо:		
– дизельное	10,0	42,7
– бензин авиационный	10,5	44,4
– бензин автомобильный	10,5	43,9
– керосин тракторный	10,0	43,9
– биогаз	–	36,2
Электроэнергия	8,7 МДж/(кВт·ч)	–
Тепловая энергия	0,0055 МДж/ккал	–
<b>Продукция (МДж/кг; кг у.т./кг)</b>		
Тракторы, самолеты, вертолеты	120,0 (4,56 кг у.т.)	–
Сельскохозяйственные машины, сцепки	104,0 (3,55 кг у.т.)	–
Продукция машиностроения	144,0 (4,91 кг у.т.)	–
Кирпич	8,5 (0,29 кг у.т.)	–
<b>Материалы (МДж/кг; кг у.т./кг)</b>		
Сталь (прокат)	45,5 (1,55 кг у.т.)	–
Алюминий (из глинозема)	343,0 (11,66 кг у.т.)	–
Медь	83,7 (2,85 кг у.т.)	–
Цемент	7,0 (0,24 кг у.т.)	–
Известковые материалы	3,8 (0,13 кг у.т.)	–
<b>Конструкции и сооружения (МДж/кг; кг у.т./кг)</b>		
Бетонные конструкции	8,3	–
Здания и сооружения (жилье)	4810,0	–
Производственные здания	5025,0	–
Администр. и культурно-бытовые здания	5662,0	–
Подсобные помещения	4180,0	–
Ограждения	383,0	–
<b>Овощные продукты растениеводства (МДж/кг; кг у.т./кг)</b>		
Картофель	8,0	–
Подсолнечник	5,0	–
Кукурузное зерно	5,0	–
Пшеница	6,8	–
Сахарная свекла	18,4	–

Примечание – 1 кг у.т. = 29,3 Мдж .    1 Мдж = 0,034 кг у.т.

\*Затраты энергии на производство единицы материала изделия или выполнения работы данного вида. (Никифоров А. Н., Токарев В. А., Борзенков В. А., Севернев М. М., Клос В. А., Тихомиров А. В., Мурадов В. П., Маркелова Е. К. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. — М.: ВИМ, 1995) [33].

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Экологическое состояние планеты .....	4
2 Причины и источники загрязнения окружающей среды.....	7
2.1 Порочная природа человека – главная причина экологических и социальных катаклизмов.....	8
2.2 Потребление невозобновляемых природных ресурсов.....	17
2.3 Потребительская концепция современной техносферы .....	23
2.4 Одноразовые изделия.....	26
3 Экологичность технических изделий .....	28
3.1 Разработка конструкции изделия.....	37
3.2 Методы и способы упрочнения поверхностей трения .....	38
3.3 Подготовка производства .....	44
3.4 Изготовление изделий.....	47
3.5 Использование изделия в период нормативного срока службы .....	48
3.6 Реновация отработанных технических изделий .....	49
3.6.1 Целесообразность восстановления деталей .....	50
3.6.2 Классификация методов и способов восстановления деталей .....	53
3.7 Утилизация изделий .....	82
4 Экологичность реновации отработанных изделий .....	83
Выводы.....	95
Список использованных источников.....	97
Приложение А Расчет количества загрязнений окружающей среды при изготовлении и реновации изделий .....	102

Научное издание

**Намаконов Борис Васильевич**

**Мельников Эдуард Леонидович**

**РЕНОВАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Монография

---

Подписано к печати 25.03.2024 г. Формат 70 × 90/16. Бумага офисная.  
Гарнитура «Times New». Печать – лазерная. Уч.-изд. л. 6,69. Усл. печ. л. 6,56.  
Заказ № 86. Тираж 300 экз.

Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка  
284646, г. о. Горловка, г. Горловка, ул. Кирова, 51