ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57702— 2026

Ресурсосбережение

ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ

Требования к малоотходным технологиям

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2026

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным автономным учреждением «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики» (ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 231 «Отходы и вторичные ресурсы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 марта 2026 г. № 283-ст

4 ВЗАМЕН ГОСТ Р 57702—2017

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2026

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 7
5 Направления и принципы создания безотходных технологий 8
6 Нормирование расхода материалов при производстве продукции 9
7 Малоотходные и безотходные технологии 11
8 Оценка безотходности и малоотходности производств 12
9 Требования к малоотходным и безотходным производствам 13
Приложение А (справочное) Основные направления реализации малоотходных технологий в ряде отраслей промышленности 14
Приложение Б (рекомендуемое) Аддитивные технологии 17
Приложение В (рекомендуемое) Требования при разработке малоотходных производств 19
Библиография 20

Введение

По мере развития современного производства с его масштабами и темпами роста все большую актуальность приобретают проблемы разработки и внедрения мало- и безотходных технологий. Решение этих проблем в ряде стран рассматривается как стратегическое направление рационального использования первичных, вторичных (из отходов) ресурсов и охраны окружающей среды.

Под малоотходным производством следует понимать такое производство, результаты которого при негативном воздействии на окружающую среду не превышают уровня, допустимого действующими санитарно-гигиеническими нормами.

Постепенный переход к комплексам малоотходного и ресурсосберегающего производства позволяет значительно снизить нагрузку на окружающую среду, особенно на региональном уровне. Применение малоотходных технологий позволяет не только снизить негативное воздействие на окружающую среду, но и сохранить для будущих поколений запасы исчерпаемых невозобновляемых природных ресурсов: в настоящее время из-за несовершенства технологий добычи в земле остается до 70 % нефти, 30 % угля, 20 % железной руды и т. д.

Перспективным подходом к формированию малоотходных систем производства могут стать территориально-производственные комплексы, с их широкими возможностями по обмену сопряженной продукцией и отходами, замкнутостью отдельных производственных циклов.

Цель развития малоотходных и ресурсосберегающих технологий — создание замкнутых технологических циклов, с полным использованием поступающего сырья и не приводящих к образованию отходов, выходящих за рамки таких циклов. Подобные циклы можно рассматривать как попытку воспроизвести природные циклы, так как биосфера является закрытой системой, где все элементы взаимосвязаны и обусловливают друг друга, максимально приближаясь к безотходности. Известны относительно замкнутые экономические системы: например, система «земледелие–животноводство» в рамках натурального сельского хозяйства, где количество отходов минимально. Система «земледелие-животноводство» утилизирует отходы внутри себя: земледелие дает животноводству корма, а также отходы переработки зерна, подсолнуха, сахарной свеклы и других культур. В свою очередь, животноводство обеспечивает земледелие чрезвычайно полезными для плодородия органическими удобрениями. В результате создается более или менее замкнутый кругооборот веществ.

Однако почти вся современная техногенная экономика является открытой системой, где получение относительно небольшого конечного продукта требует значительных затрат ресурсов и сопровождается образованием большого количества отходов. В настоящее время конечный продукт составляет всего от 2 % до 4 % по отношению к общему объему отчуждаемых природных ресурсов, а остальная часть поступает в отходы (пустая порода, шлаки, стоки и т. д.).

Условно безотходная технология представляет собой такой метод производства продукции, при котором все сырье и энергия используются наиболее рационально и комплексно в цикле: сырьевые ресурсы — производство (образование отходов производства) — потребление (образование отходов потребления) — утилизация отходов (использование вторичных ресурсов) — удаление опасных отходов (с уничтожением или захоронением). При этом негативные воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования.

Создание безотходных производств относится к весьма сложному и длительному процессу, промежуточным этапом которого является малоотходное производство. Поэтому правильнее говорить о реальных малоотходных производствах. В русле этого направления находятся и меры по реконструкции предприятий. Замена устаревшего в физическом и моральном планах оборудования на новое более прогрессивное оборудование позволяет получить существенную экономию многих видов первичных и вторичных ресурсов, инвестиций, повысить качество продукции и т. д.

В материалах Европейской экономической комиссии ООН и Декларации о малоотходной и безотходной технологии, принятой в 1979 г. на совещании по общеевропейскому сотрудничеству в области охраны окружающей среды, малоотходная и безотходная технология определяются как практическое применение знаний, методов и средств с тем, чтобы в рамках потребностей человека обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов и защитить окружающую среду. Из определения следует, что малоотходная технология решает двуединую задачу: эффективное использование природного сырья и продуктов его переработки, с одной стороны, и охрану окружающей среды от воздействия различного рода загрязнений, включая отходы, с другой стороны.

Поэтапная трансформация традиционных технологий в малоотходные и ресурсосберегающие позволит постепенно перейти от открытых производственных систем со свободным входом ресурсов и

выходом отходов к полуоткрытым системам с частичным использованием извлекаемых материалов и переработкой отходов, а затем — к системам закрытого типа с полной переработкой и утилизацией всех поступающих ресурсов и отходов и прекращением загрязнения последними окружающей среды. Такая трансформация меняет сам технологический принцип. В настоящее время большинство природоохранных технологий направлены на борьбу с образующимися загрязнениями практически лишь на последнем технологическом этапе: фильтры, очистные сооружения и пр. (прямые природоохранные мероприятия). В английском языке такие технологии называют «технологиями на конце трубы» (end-of-pipe technology). В отличии от них малоотходные технологии создают новые циклы, связи внутри самого технологического процесса, т. е. «в трубе» или «в начале трубы». Решающее значение для подобной технологической трансформации имеет научно-технический прогресс. Только на основе его достижений можно обеспечить переход от традиционных ресурсоемких технологий к ресурсосберегающим малоотходным и безотходным технологиям.

В настоящем стандарте установлены положения по нормированию, принципы внедрения малоотходных и безотходных технологий, как наиболее перспективных направлений ресурсосберегающего природопользования и сохранения окружающей среды (см. ГОСТ 14.322).

Настоящий стандарт устанавливает направления создания и применения малоотходных и безотходных технологий в отраслях промышленности, общие правила нормирования расхода материалов при производстве продукции с учетом требований ресурсосбережения.

Настоящий стандарт призван системно увязать практику ресурсосберегающего и экобезопасного государственного регулирования процессов производства во взаимосвязи со сферами обращения с отходами производства и потребления с практикой статистического наблюдения за отходами, принятого в ЕС, с учетом получения и последующего использования вторичных материальных ресурсов.

В настоящем стандарте использованы положения европейских документов [1], [2], российских законодательных актов [3]—[5], американского стандарта [6] и других источников информации по безотходному горному производству [7] и аддитивным технологиям [6]—[10].

Объектом стандартизации является ресурсосбережение, предметом стандартизации — обращение с отходами, аспектом стандартизации являются требования к малоотходным технологиям с учетом их безотходности — в перспективе развития хозяйственной деятельности.

Приложения А—В носят справочно-рекомендательный характер.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ресурсосбережение

ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ

Требования к малоотходным технологиям

Resources saving. Waste treatment. Requirements for low-waste and wasteless technologies

Дата введения — 2026—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к нормированию малоотходных и, условно называемых «безотходными», технологий при ресурсосберегающем обращении с отходами производства и потребления.

Настоящий стандарт распространяется на все категории отходов производства и потребления, включая шламы и осадки сточных вод.

Настоящий стандарт не распространяется на радиоактивные отходы и шламы, которые попадают в сферу действия другого законодательства.

Настоящий стандарт не распространяется на лом и отходы цветных и (или) черных металлов и вторичные ресурсы, являющиеся ломом и отходами цветных и (или) черных металлов.

Требования, установленные настоящим стандартом, предназначены для добровольного применения в нормативно-правовой, нормативной, технической и проектно-конструкторской документации, а также в научно-технической, учебной и справочной литературе применительно к процессам обращения с отходами на этапах их технологического цикла с вовлечением соответствующих материальных ресурсов в хозяйственную деятельность в качестве вторичного сырья, обеспечивая при этом сохранение и защиту окружающей среды, здоровья и жизни людей.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 14.205 Технологичность конструкций изделий. Термины и определения

ГОСТ 14.322 Нормирование расхода материалов. Основные положения

ГОСТ Р 44.002 Система технологической подготовки производства. Термины и определения

ГОСТ Р 53692 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов

ГОСТ Р 55103 Ресурсосбережение. Эффективное управление ресурсами. Основные положения

ГОСТ Р 55833 Ресурсосбережение. Требования к документированию при производстве продукции. Политика рационального использования и экономии материалов

ГОСТ Р 55834 Ресурсосбережение. Требования к документированию при производстве продукции. Экологическая политика предприятия

ГОСТ Р 56615 Ресурсосбережение. Показатели материалоемкости и материалоэффективности. Руководство по установлению критериев выбора

ГОСТ Р ИСО 14050 Экологический менеджмент. Словарь

Издание официальное

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р ИСО 14050, ГОСТ Р 53692, ГОСТ 14.205, ГОСТ 14.322, ГОСТ Р 44.002, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **малоотходная технология:** Технология, позволяющая сократить до технически возможного в настоящее время минимума процессы образования твердых отходов, жидких сбросов, газообразных и тепловых выбросов при производстве какой-либо продукции.

Примечание

Ориентировочные критерии оценки прогрессивности технологических процессов по уровню технологических отходов

Категория технологического процесса	Технологические отходы, %
Безотходный	До 1,5
Малоотходный	От 1,5 до 10
Рядовой	Устанавливается отраслевыми стандартами в зависимости от конструктивной сложности изделия и типа производства

[ГОСТ 14.322—83, приложение]

3.2 **безотходная технология:** Метод производства продукции, при котором сырьевые ресурсы, включая вещества и энергию, наиболее рационально и комплексно используются таким образом, что любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования.

Примечания

1 В ряде стран Европы вместо терминов «безотходная технология» и «малоотходная технология» применяются термины «чистая технология» или «более чистая технология», что по существу одно и то же.

2 Концепция безотходной технологии в некоторой степени носит условный характер. Под безотходной технологией понимается теоретический предел, идеальная модель производства, которая в большинстве случаев может быть реализована не в полной мере, а лишь частично (отсюда и малоотходная технология), но с развитием технического прогресса — со все большим приближением к безотходности.

3.3

отходы производства и потребления: Вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению.

[[3], статья 1]

Примечания

1 Отходами в целом являются материалы или предметы, от которых их владелец избавляется, хочет избавиться или должен избавиться (см. [11]).

2 Отходами производства и потребления являются остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, образовавшиеся в процессе производства или потребления, а также утратившие свои потребительские свойства товары (продукция), которые не могут в дальнейшем быть использованы в месте их образо-

вания или обнаружения и от которых их собственник избавляется, имеет намерение или должен избавиться путем утилизации или удаления (см. [12]).

3 Отходами производства являются остатки сырья, материалов, веществ, полуфабрикатов, изделий и иных продуктов, образовавшиеся в процессе производства продукции и/или выработки энергии или выполнения работ (услуг) и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства (см. [12]).

4 Отходами потребления являются все образующиеся в результате потребления и/или эксплуатации готовой продукции виды отходов, включая твердые бытовые отходы, медицинские и биологические отходы, упаковочные отходы, а также отходы, образующиеся при функционировании культурно-бытовых, учебных учреждений, организаций и предприятий торговли и общественного питания и других предприятий и организаций общественного назначения; остатки веществ, материалов, предметов, изделий, частично или полностью утратившие свои первоначальные потребительские свойства в результате физического или морального износа в процессах потребления и/или эксплуатации, а также получившие несовместимые с их дальнейшим использованием повреждения в результате нештатных ситуаций (см. [12]).

3.4

вторичные ресурсы: Отходы, которые или части которых могут быть повторно использованы для производства товаров, выполнения работ, оказания услуг или получения энергии и которые получены в результате раздельного накопления, сбора или обработки отходов либо образованы в процессе производства.

Примечания

1 Пригодные для утилизации отходы производства и потребления, образующиеся в материальном производстве, сфере услуги в процессах конечного потребления продукции.

2 К Вторичным ресурсам относят:

- отходы производства и потребления, которые в перспективе (потенциально) или сразу (актуально) пригодны для использования в промышленном производстве для получения сырья, изделий и/или энергии (см. [12]);
- отходы производства и потребления, специально собранные и подготовленные к использованию в хозяйственных целях или к переработке во вторичное сырье;
- отходы, специально складированные в техногенных ресурсных накоплениях для их использования в определенном или неопределенном (отдаленном) будущем в качестве вторичного сырья.

3 Вторичные ресурсы — это отходы производства и потребления, в отношении которых существуют реальная возможность и целесообразность повторного использования непосредственно или после дополнительной обработки для получения товарной продукции.

[ГОСТ Р 54098—2024, статья 9]

3.5

побочный продукт: Дополнительная продукция, образующаяся при производстве основной продукции и не являющаяся целью данного производства, но пригодная как сырье в другом производстве или для потребления в качестве готовой продукции.

Примечание — Побочный продукт не является отходом.

[ГОСТ 30772—2001, статья 3.16]

Примечания

1 Попутная (сопряженная) и побочная продукция являются дополнительно выпускаемой продукцией предприятия, приносящей экономическую выгоду (доход).

2 Побочная продукция, формально являясь отходом на одном производстве, служит в то же время готовым к употреблению сырьем для другого производства. Например, этиловый спирт, белковые дрожжи — побочный продукт в целлюлозно-бумажном производстве; бензол, толуол, аммиак — в коксохимическом производстве.

3 К побочной продукции относят жмыхи и шроты, широко используемые как в пищевой промышленности, так и в качестве кормовых продуктов, которые не могут рассматриваться как остатки продукции, образованной в процессе производства, т. к. они сами являются результатом производства, непосредственным (соевые, арахисовые) или побочным (подсолнечные, рапсовые и др.), и производятся в соответствии с требованиями национальных стандартов, стандартов организаций, технических условий.

3.6

вторичное сырье: Продукция, полученная из вторичных ресурсов непосредственно (без обработки) или в соответствии с технологическими процессами, методами и способами, предусмотренными документами в области стандартизации Российской Федерации, которая может использоваться в производстве другой продукции и (или) иной хозяйственной деятельности.

[ГОСТ Р 54098—2024, статья 23]

3.7

производство вторичного сырья из вторичного ресурса: Получение из вторичных ресурсов в соответствии с технологическими процессами, методами и способами, предусмотренными документами в области стандартизации Российской Федерации, определенных видов вторичного сырья, удовлетворяющих требования соответствующих нормативных (ГОСТ, ГОСТ Р, СТО) или технических (ТУ, ТО) документов на вторичное сырье как на продукцию, которая может использоваться в производстве другой продукции и (или) иной хозяйственной деятельности.

[ГОСТ Р 54098—2024, статья 51]

3.8

утилизация отходов: Использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация), а также использование твердых коммунальных отходов в качестве возобновляемого источника энергии (вторичных энергетических ресурсов) после извлечения из них полезных компонентов на объектах обработки.

Примечания

1 Любой организационно-технологический процесс, основным результатом которого является полезное использование отходов на этапах их технологического цикла непосредственно или после доработки (переработки) в качестве вторичных материальных и/или энергетических ресурсов на месте их образования (на установке/предприятии) или в других специально отведенных местах с учетом специфики отраслей экономики в системе хозяйства.

2 Утилизация предполагает использование продукции после снятия ее с эксплуатации, а также отходов на последнем этапе их технологического цикла при избавлении от них с осуществлением обезвреживания, промышленной переработки и (или) вторичного использования сырья, веществ и материалов.

3 Утилизацией отходов является любой процесс, основным результатом которого является полезное использование отходов на месте их образования (на установке/предприятии или в других отраслях экономики), в котором отходы используют для замены других материалов, могущих быть использованными для выполнения определенных функций, и в котором отходы подвергают предварительной обработке, способствующей выполнению этих функций. В приложении II к Директиве 2008/98/ЕС (см. [11]) приведен перечень процессов утилизации (ограниченный).

[ГОСТ Р 54098—2024, статья 37]

3.9 **нормативы:** Поэлементные составляющие норма, характеризующие:

- удельный расход сырья или материалов на единицу массы, площади, объема, длины при выполнении производственных процессов (лакокрасочные покрытия, сварочные работы и т. д.);
- размеры технологических отходов и потерь сырья и материалов по видам производственных процессов.

Примечания

1 Нормативы измеряются в натуральных единицах или в процентах.

2 Нормативы удельных расходов и нормативы отходов и потерь сырья и материалов в производстве по видам производств могут быть:

- межотраслевыми (например, для группы отраслей машиностроения);
- отраслевыми;
- заводскими.

3 Нормативы расхода материалов применяются для расчета индивидуальных норм и их анализа с целью выявления возможных резервов экономии материалов.

3.10 **полезный расход материала на изделие:** Масса (объем) материала, образующая готовое изделие.

Примечание — Определяется по чертежу изделия и расчетной массе материала. Отношение полезного расхода материала к норме расхода называют коэффициентом использования материалов.

3.11

ресурсосодержание продукции: Показатели, определяющие свойства продукции, связанные с закреплением в ее составе материальных и/или энергетических ресурсов.

Примечание — Показатели ресурсосодержания включают объемно-весовые показатели продукции, связанные с конструкторскими нормативами ресурсопотребления, заложенными при разработке изделия.

[ГОСТ Р 52104—2003, статья 4.5]

3.12 **материалоэкономичность изделия:** Показатель ресурсосбережения, характеризуемый количеством материальных ресурсов, используемых в процессах эксплуатации, ремонта и утилизации изделия.

3.13

материалоемкость: Показатель ресурсосбережения, характеризуемый количеством материальных ресурсов, используемых при изготовлении изделия, оказании услуги, проведения работы.

Примечание — Материалоемкость относится к группе требований ресурсоемкости (по технологичности), согласно п. 5.1 ГОСТ 30166[1)], определяющая возможность достижения оптимальных затрат ресурсов при изготовлении, ремонте и утилизации продукции, а также выполнении работ и оказании услуг с учетом требований экологической безопасности.

[ГОСТ Р 56615—2015, пункт 3.2]

3.14

технологические отходы материала: Составляющая нормы расхода материала, характеризующая количество не овеществленного в изделии материала, оставшегося от изготовления этого изделия.

Примечание — Отходы могут быть использованы в качестве исходного материала для производства других изделий или реализованы в качестве вторичного сырья.

[ГОСТ 27782—88, статья 11]

3.15

неиспользуемые отходы: Вторичные ресурсы, для которых в настоящее время отсутствуют условия для их утилизации.

[ГОСТ Р 54098—2024, статья 19]

3.16

безвозвратные отходы (потери): Отходы производства, которые невозможно, нецелесообразно (неэффективно) или недопустимо использовать повторно.

[ГОСТ 30772—2001, статья 3.15]

Примечание — Количество материалов, безвозвратно теряемое в процессе изготовления изделий.

3.17

материалоэффективность: Показатель ресурсосбережения, характеризуемый количеством материальных ресурсов, используемых на стадиях проектирования, эксплуатации, применения и функционирования изделия.

[ГОСТ Р 56615—2015, пункт 3.3]

[1)] ГОСТ 30166—2014 «Ресурсосбережение. Основные положения».

Примечание — Материалоэффективность изделий складывается из материалосодержания проектируемого изделия и материалоэкономичности продукции в эксплуатации (использовании, применении по прямому назначению).

3.18

расходный коэффициент: Показатель, обратный коэффициенту использования материала.
[ГОСТ 27782—88, статья 15]

3.19 **норма расхода:** Максимально допустимое плановое количество сырья, материалов на производство единицы продукции (работы) установленного качества в планируемых условиях производства.

Примечания

1 В составе нормы расхода материала следует учитывать:

- полезный расход материала;
- технологические отходы, обусловленные установленной технологией производства;
- потери материалов.

2 Состав норм расхода устанавливается в отраслевых методиках и инструкциях применительно к особенностям производства данного вида продукции (работы). Произвольное изменение состава норм расхода не допускается.

3 К полезному расходу материала на изделие относят ту массу (объем) материала, которое затрачено на получение готового изделия.

4 К технологическим отходам материала относят то его количество, которое не овеществлено в изделии, но затрачено на его производство. Учет технологических отходов должен быть организован на каждом предприятии наряду с учетом первоначально используемых материалов. В составе технологических отходов следует учитывать отходы, используемые в качестве исходного материала для изготовления других изделий.

5 К потерям материалов следует относить количество материала, безвозвратно теряемое в процессе изготовления изделия.

6 В норму расхода материалов не включаются:

- отходы и потери, вызванные отступлениями от установленных технологических процессов и организации производства и снабжения (например, потери материала при транспортировании и хранении);
- отходы и потери, вызванные отступлениями от предусмотренного сортамента, требований стандартов и технических условий;
- расход сырья и материалов, связанных с браком, испытанием образцов, ремонтом зданий и оборудования, изготовлением оснастки, инструмента, средств механизации и автоматизации, наладкой оборудования, упаковкой готовой продукции.

3.20 **показатель выхода полуфабриката;** ПВП: Характеристика эффективности использования сырья и материалов в производстве и для расчетов планов производства продукции из планируемых для переработки сырья и материалов или потребности в исходных материалах на планируемый объем производства продукции.

Примечание — ПВП определяется отношением количества произведенного продукта (полуфабриката) к количеству фактически израсходованного исходного сырья, материалов (например, выход литья из металлической части шихты, поковок и штамповок из слитков и проката).

3.21 **коэффициент извлечения веществ из исходного сырья;** КИВиИС: Характеристика степени использования полезных для производства веществ, содержащихся в соответствующем виде исходного сырья.

Примечание — КИВиИС определяется отношением количества извлеченного полезного вещества из исходного сырья к общему количеству, содержащемуся в этом сырье.

3.22

отрасль промышленности: Совокупность субъектов, осуществляющих деятельность в сфере промышленности, в рамках одной или нескольких классификационных группировок одного или нескольких видов экономической деятельности в соответствии с Общероссийским классификатором видов экономической деятельности.
[[5], статья 3]

3.23

аддитивные технологии: Область деятельности, связанная с применением аддитивных технологических процессов.

[ГОСТ Р 57558—2025, статья 5]

Примечания

1 Аддитивное производство; аддитивный технологический процесс; АП (additive manufacturing, AM): Технологический процесс, основанный на создании физического объекта по электронной геометрической модели путем послойного нанесения материала.

2 Аддитивный технологический процесс в отличие от субтрактивных (вычитающих) технологических процессов и традиционных формообразующих процессов (литья, штамповки) основан на добавлении материала, как правило, слой за слоем.

4 Общие положения

4.1 Согласно решению ЕЭК ООН [1] и [2], стратегия безотходной технологии исходит из того, что неиспользуемые отходы являются одновременно не полностью использованными природными ресурсами и источником загрязнения окружающей среды.

4.2 Снижение удельного выхода неиспользуемых отходов в технологическом процессе позволяет произвести больше продукции из того же количества сырья и является действенной мерой по охране окружающей среды.

4.3 Если по техническим или технологическим причинам невозможно или экономически невыгодно перерабатывать отходы, то их необходимо выводить в биосферу таким образом, чтобы по возможности не наносить вреда естественной окружающей среде.

4.4 Имеет место следующий баланс по сферам производства и потребления, исходя из закона сохранения материи:

$$R = A \cdot (1 - \varphi_m) + S, \quad (1)$$

где R — расход природных ресурсов, кг/с;

A — масса образующихся отходов в сферах производства и потребления, кг/с;

φ_m — средний коэффициент использования отходов, кг/кг;

S — масса веществ, накапливающихся в сферах производства и потребления вследствие постоянного роста производства, кг/с.

4.4.1 Анализ балансового уравнения (1) показывает, что снижение удельного количества неиспользуемых отходов производства (и тем самым удельного расхода природных ресурсов) возможно за счет:

- уменьшения удельного выхода отходов;
- повышения коэффициента использования отходов.

4.4.2 Выбор одного из двух путей зависит как от технологических возможностей, так и от конкретных экономических условий производства.

4.5 Первичная цель безотходной технологии — настолько уменьшить выводимый в единицу времени в биосферу поток массы неиспользованных отходов, чтобы сохранялось естественное равновесие биосферы и обеспечивалось сохранение основных природных ресурсов.

4.5.1 Биосфера функционирует по принципу встроенности систем, где каждая форма конструируется за счет деструкции других форм, составляя звено всеобщего кругооборота вещества в природе.

4.5.2 Производственная деятельность, как правило, строится по принципу максимальной эксплуатации природных ресурсов и игнорирования проблемы деструкции отходов производства и потребления. Этот путь был возможен лишь до тех пор, пока масштабы отходов не превышали границ способности экологических систем к самовосстановлению.

4.5.3 Назрела необходимость перехода к принципиально новой форме связи — к замкнутым системам производства, предполагающим возможно большую встроенность производственных процессов во всеобщий круговорот веществ в природе.

4.5.4 При замкнутой системе производство строится, опираясь на следующие фундаментальные принципы:

- возможно более полное использование исходного природного вещества;
- возможно более полное использование отходов, т. е. регенерация отходов и превращение их во вторичное сырье для последующего использования при производстве вторичной продукции;
- создание конечной продукции с такими свойствами, чтобы используемые отходы производства и потребления могли быть ассимилированы экологическими системами.

4.6 Сложившееся положение в области ресурсопотребления и масштабы промышленных эмиссий позволяют сделать вывод о том, что имеется только один путь решения проблемы оптимального потребления природных ресурсов и охраны окружающей среды — создание экологически безвредных технологических процессов, т. е. потенциально безотходных и актуально — малоотходных.

4.7 Основные предпосылки создания безотходных производств заключаются в:
- комплексном использовании сырья;
- создании принципиально новых и совершенствовании действующих технологий;
- создании замкнутых водо- и газооборотных циклов;
- кооперировании предприятий, создании производственно-территориальных комплексов.

4.8 Ориентировочные критерии оценки прогрессивности технологических процессов по уровням технологических отходов приведены в приложении А.

4.9 Особое внимание в XXI веке уделяется разработке и внедрению более безотходных — аддитивных технологий, особенности которых приведены в приложении Б.

5 Направления и принципы создания безотходных технологий

5.1 При создании безотходных производств приходится решать ряд сложнейших организационных, технических, технологических, экономических, психологических и других задач.

5.2 В создании безотходной технологии определились следующие четыре направления:
- разработка и внедрение различных бессточных технологических схем и водооборотных циклов на базе эффективных методов очистки (например, в гальваническом производстве);
- разработка и внедрение принципиально новых технологических процессов, исключающих образование любых видов отходов;
- создание территориально-промышленных комплексов, т. е. экономических районов, в которых реализована замкнутая система материальных потоков сырья и отходов внутри комплекса;
- широкое использование отходов в качестве вторичных материальных и энергетических ресурсов.

5.3 Анализ существующей ситуации, расчеты и прогнозы на будущее убедительно показывают, что реализация безотходных производств во всех отраслях промышленности возможна при условии активного использования достижений науки и техники, и в первую очередь химической технологии. Особенность химической технологии состоит в том, что она способна превратить в ресурсы не только свои собственные отходы, но и отходы других производств. В связи с этим химия и химическая технология способствуют решению таких коренных проблем охраны природы, как комплексное использование сырья и утилизация отходов, обезвреживание производственных выбросов.

5.4 При разработке и внедрении безотходных производств можно выделить ряд взаимосвязанных принципов:

5.4.1 Системность. В соответствии с ним каждый отдельный процесс или производство рассматривается как элемент динамичной системы всего промышленного производства в регионе и на более высоком уровне как элемент эколого-экономической системы в целом, включающей кроме материального производства и другой хозяйственно-экономической деятельности человека, природную среду (популяции живых организмов, атмосферу, гидросферу, литосферу, биогеоценозы, ландшафты), а также человека и среду его обитания. Таким образом, принцип системности, лежащий в основе создания безотходных производств, должен учитывать существующую и усиливающуюся взаимосвязь и взаимозависимость производственных, социальных и природных процессов;

5.4.2 Комплексность использования ресурсов. Этот принцип требует максимального использования всех компонентов сырья и потенциала энергоресурсов. Как известно, практически все сырье является комплексным, и в среднем более трети его количества составляют сопутствующие элементы, которые могут быть извлечены только при комплексной его переработке. Так, уже в настоящее время почти все серебро, висмут, платина и платиноиды, а также более 20 % золота получают попутно при переработке комплексных руд;

5.4.3 Комплексное экономное использование сырья. Этот принцип возведен в России в ранг государственной задачи и четко сформулирован в ряде постановлений правительства. Конкретные формы его реализации в первую очередь будут зависеть от уровня организации безотходного производства на стадии процесса, отдельного производства, производственного комплекса и эколого-экономической системы;

5.4.4 Цикличность материальных потоков. К простейшим примерам цикличных материальных потоков можно отнести замкнутые водо- и газооборотные циклы. В конечном итоге последовательное применение этого принципа должно привести к формированию сначала в отдельных регионах, а впоследствии и во всей техносфере сознательно организованного и регулируемого техногенного круговорота вещества и связанных с ним превращений энергии. В качестве эффективных путей формирования цикличных материальных потоков и рационального использования энергии можно указать на комбинирование и кооперацию производств, а также разработку и выпуск новых видов продукции с учетом требований повторного ее использования;

5.4.5 Требование ограничения воздействия производства на окружающую природную и социальную среду с учетом планомерного и целенаправленного роста его объемов и экологического совершенства. Этот принцип в первую очередь связан с сохранением таких природных и социальных ресурсов, как атмосферный воздух, вода, поверхность земли, рекреационные ресурсы, здоровье населения. Реализация этого принципа осуществима лишь в сочетании с эффективным мониторингом, развитым экологическим нормированием и многозвенным управлением природопользованием;

5.4.6 Общим принципом создания безотходного производства является также рациональность его организации. Определяющими здесь являются требование разумного использования всех компонентов сырья, максимального уменьшения энерго-, материало- и трудоемкости производства и поиск новых экологически обоснованных сырьевых и энергетических технологий, с чем во многом связано снижение отрицательного воздействия на окружающую среду и нанесение ей ущерба, включая смежные отрасли народного хозяйства.

5.4.6.1 Конечной целью следует считать оптимизацию производства одновременно по энерготехнологическим, экономическим и экологическим параметрам.

5.4.6.2 Основным путем достижения этой цели являются разработка новых и усовершенствование существующих технологических процессов и производств. Одним из примеров такого подхода к организации безотходного производства является утилизация пиритных огарков отхода производства серной кислоты. В настоящее время пиритные огарки полностью идут на производство цемента. Однако ценнейшие компоненты пиритных огарков медь, серебро, золото, не говоря уже о железе, не используются. В то же время существует экономически выгодная технология переработки пиритных огарков (например, хлоридная) с получением меди, благородных металлов и с последующим использованием железа.

6 Нормирование расхода материалов при производстве продукции

6.1 Нормирование использования (расходования, далее — расхода) материалов проводится с целью установления их планового количества, необходимого для изготовления изделий и обеспечения наиболее рационального и эффективного использования сырья и материалов в производстве.

6.2 Нормированию подлежат все виды сырья и материалов, используемых при производстве продукции и оказании услуг в соответствии с ГОСТ 14.322.

6.3 Нормирование расхода материалов включает решение следующих задач:

- анализ производственных условий потребления материалов и данные передовых отечественных и зарубежных предприятий, выпускающих аналогичные изделия;
- установление и внедрение отраслевых норм расхода материалов на основе научно-обоснованных производственных нормативов;
- контроль прогрессивности плановых норм расхода материалов и соблюдения нормативов расхода материалов в производстве, при планировании, учете материальных затрат и материально-техническом обеспечении производства;
- выполнение технических и организационных мероприятий, обеспечивающих более рациональное и эффективное использование материалов;
- периодический пересмотр норм расхода материалов с целью снижения удельной материалоемкости изделия на основе обязательного внедрения безотходных и малоотходных технологических процессов при изготовлении изделий с учетом совершенствования их конструкции и достижений науки,

техники, технологии и передового опыта, обеспечивающих выполнение заданий по среднему снижению норм расхода материалов в обеспечение ресурсосбережения, в т. ч. и за счет использования отходов для получения из них вторичного сырья;

- внедрение малоотходных и безотходных, в т. ч. аддитивных, технологий со снижением негативной нагрузки на окружающую среду, что отражают в экологической политике предприятия, оформляемой в соответствии с положениями ГОСТ Р 55834.

6.4 Классификация норм расхода материала — по ГОСТ 14.322.

6.5 Как правило, используются следующие основные показатели полезного использования сырья и материалов:

- коэффициент использования;
- коэффициент раскроя;
- расходный коэффициент;
- выход продукта;
- коэффициент извлечения продукта из исходного сырья.

6.6 Показатели полезного использования сырья и материалов служат для оценки уровня прогрессивности установленных норм расхода сырья и материалов на производство единицы продукции и экономичности конструкции изделий (по сравнению с достигнутым уровнем соответствующих показателей образцов передовой отечественной и зарубежной техники). Они определяются отношением соответствующих норм расхода на единицу изделия к выбранному параметру, его технической характеристики (например, мощность, грузоподъемность, производительность).

6.7 Методы разработки норм расхода материалов

6.7.1 Для разработки норм расхода материала используется расчетно-аналитический или опытный методы.

6.7.2 При расчетно-аналитическом методе нормы расхода материала разрабатываются на основе прогрессивных показателей использования материала и установленного настоящим стандартом состава норм.

6.7.3 Полезный расход материала, принимаемый за основу при расчете, устанавливают по номинальным размерам детали с учетом средней величины допуска на размер.

6.7.4 Основной исходной информацией при расчете норм расхода материалов являются:

- чертежи деталей (карты раскроя), сборочных единиц, спецификации;
- технологические документы;
- нормативы расхода материалов на единицу обрабатываемой поверхности, длины, массы или других параметров;
- нормативы отходов и потерь.

6.7.5 Опытный метод разработки норм расхода материалов заключается в определении затрат материалов, необходимых для производства изделий, на основе данных измерений полезного расхода, технологических отходов и потерь, определяемых в лабораторных условиях или непосредственно в условиях производства.

6.7.6 При нормировании расхода материалов следует исходить из условия обязательного планового внедрения прогрессивной технологии, в том числе безотходных и малоотходных технологических процессов.

6.7.7 Уровень внедрения безотходных и малоотходных технологических процессов должен быть объектом ежегодного планирования на промышленном предприятии.

6.7.8 Прогрессивность технологических процессов должна оцениваться уровнем образуемых технологических отходов от первичных сырья и материалов.

6.8 Субъектам хозяйственной деятельности при внедрении малоотходных технологий целесообразно использовать положения ГОСТ Р 55103:

- рекомендации по эффективному управлению процессами использования материальных ресурсов при разработке (проектировании) изделий и постановке продукции на производство;
- положения политики ресурсосбережения на предприятии, производящем продукцию, также в соответствии с положениями ГОСТ Р 55833 и ГОСТ Р 55834;
- направления эффективного управления материальными и энергетическими ресурсами при изготовлении изделий с минимизацией образования отходов и негативного воздействия на окружающую среду;
- по эффективному обращению с отходами производства на этапах и технологического цикла.

6.9 При установлении критериев выбора показателей материалоемкости и материалоэффективности следует руководствоваться положениями, установленными ГОСТ Р 56615.

7 Малоотходные и безотходные технологии

7.1 Планомерное применение безотходных и малоотходных технологий — важное направление защиты окружающей среды от негативного воздействия промышленных отходов.

7.2 Малоотходная технология является промежуточным этапом при создании безотходного производства. При малоотходном производстве вредное воздействие на окружающую среду не превышает допустимые уровни, но из-за технических, экономических и организационных причин часть сырья и материалов превращается в отходы и направляется на длительное хранение.

7.3 К основным задачам реализации малоотходной и безотходной технологий относятся:

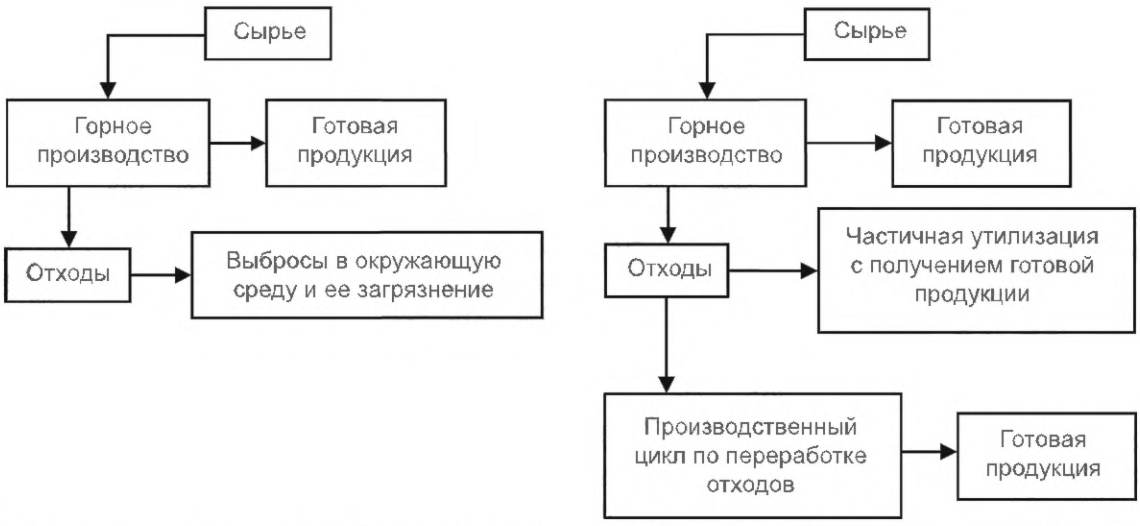
- полная переработка сырья и материалов с использованием всех компонентов на базе создания новых безотходных процессов;
- создание и выпуск новых видов продукции с использованием требований повторного использования отходов;
- переработка отходов производства и потребления с получением товарной продукции или любое эффективное их использование без нарушения экологического равновесия;
- использование замкнутых систем промышленного водоснабжения;
- создание безотходных территориально-производственных комплексов и экономических регионов.

7.4 Во всей совокупности работ, связанных с охраной окружающей среды и рациональным освоением природных ресурсов, необходимо выделить главные направления создания мало- и безотходных производств, к которым относятся:

- комплексное использование сырьевых и энергетических ресурсов;
- усовершенствование существующих и разработки принципиально новых технологических процессов и производств и соответствующего оборудования;
- внедрение водо- и газооборотных циклов (на базе эффективных газо- и водоочистных методов);
- кооперация производства с использованием отходов одних производств в качестве сырья для других и создания безотходных производственных комплексов.

7.5 Под безотходным производством понимается совокупность технологических процессов по извлечению полезных компонентов из природных ресурсов для удовлетворения материальных и духовных потребностей человеческого общества, в которых последовательно обеспечивается полное использование вещества (твердого, жидкого и газообразного) и энергии либо в рамках производственной деятельности человека, либо путем их включения в природный геобиохимический процесс.

7.6 Принципиальное различие между обычной и безотходной технологиями на примере горной промышленности [7] показано на рисунке 1.



а) Обычная технологическая схема освоения недр б) Безотходная технологическая схема освоения недр

Рисунок 1 — Технологические схемы освоения недр

7.6.1 Идея создания безотходного (экологизированного) горного производства заключается в разработке и реализации методов и средств, создании соответствующего организационно-экономического обеспечения, позволяющих вписать современное горное производство (геохимически открытую систему с крайне низким коэффициентом выхода готовой продукции на единицу используемых природных ресурсов) в природный геохимический круговорот, превратив его тем самым в геохимически замкнутую производственную систему.

7.6.2 Замкнутое экологизированное горное производство основывается на следующих принципах:

- минимум потерь вещества и энергии на стадиях их изъятия из природной (экологической) системы и последующего использования в горном производстве;
- максимум применения отходов горного производства (вещества и энергии) в других хозяйственных системах и для восстановления нарушенного экологического равновесия природной системы.

7.7 Будучи выведенными из промышленного производства в окружающую среду, отходы со временем теряют свои полезные свойства. Важно перерабатывать отходы в месте их образования и в момент возникновения. Чем дальше удаляются отходы от места их образования, тем больше усложняется эта задача, пока на каком-то этапе становится практически неосуществимой. Поэтому в условиях экологической напряженности по причинам не ресурсосберегающей хозяйственной деятельности внедрение малоотходных, а в перспективе безотходных технологий — основа устойчивого развития.

8 Оценка безотходности и малоотходности производств

8.1 В соответствии с действующим в России законодательством, предприятия, нарушающие санитарные и экологические нормы, не имеют права на существование и должны быть реконструированы или закрыты, т. е. все современные предприятия должны быть (стать) малоотходными и безотходными.

8.2 Единых критериев безотходности для всех отраслей промышленности в настоящее время не существует.

8.3 Безотходная технология — это идеальная модель производства, которая в большинстве случаев в настоящее время реализуется не в полной мере, а лишь частично (отсюда становится ясным и термин «малоотходная технология»). Однако имеются примеры полностью безотходных производств: так, в течение многих лет Волховский и Пикалевский (Ленинградская область) глиноземные заводы перерабатывают нефелин на глинозем, соду, поташ и цемент по практически безотходным технологическим схемам. Причем эксплуатационные затраты на производство глинозема, соды, поташа и цемента, получаемых из нефелинового сырья, на 10 %—15 % ниже затрат при получении этих продуктов другими промышленными способами.

8.4 Возможны следующие подходы к оценке степени безотходности и малоотходности производств:

а) степень использования природных ресурсов;

б) отношение выхода конечной продукции к массе поступившего сырья и полуфабрикатов;

в) количество отходов, образующихся на единицу продукции.

8.5 В первом приближении для практических целей в ряде других материалоемких отраслей хозяйства значение коэффициента комплексности, равное 75 % и выше, можно принять в качестве количественного критерия малоотходного, а 95 % безотходного производства. При этом обязательно должна учитываться токсичность отходов.

8.6 Расчет степени безотходности производства требует ввода поправки на токсичность отходов. Невозможно, например, сопоставлять отходы содового производства и отходы гальванических цехов, исходя только из массы отходов. Однако на стадии проектирования для предварительного сопоставления различных технологических схем, выпускающих продукцию одного и того же вида, может быть использован приближенный критерий.

8.7 В ряде отраслей промышленности России уже имеются количественные показатели оценки безотходности. В цветной металлургии широко используется коэффициент комплексности, определяемые долей полезных веществ (в %), извлекаемых из перерабатываемого сырья по отношению ко всему его количеству: в ряде случаев он уже превышает 80 %.

8.8 В угольной промышленности коэффициент безотходности производства рассчитывают по формуле

$$К_{бп} = 0,33 \cdot (К_{бт} + К_{бж} + К_{бг}), \quad (2)$$

где $К_{бт}$,$К_{бж}$,$К_{бг}$ — коэффициенты использования соответственно породы, образующейся при горных работах, попутно забираемой воды при добыче угля (сланца) и использования пылегазовых отходов.

8.9 Как известно, добыча угля является одним из самых материалоемких и экологически сложных в народном хозяйстве процессов. Для этой отрасли установлено, что производство является безотходным (правильнее малоотходным), если коэффициент безотходности превышает 75 %. В случае использования отвалов прошлых лет, наряду с вновь образующейся породой, коэффициент комплексности (безотходности) может быть более 100 %.

8.10 Понятие безотходности затрагивает не только производственный процесс, но также и конечную продукцию, которая должна характеризоваться:

- долгим сроком службы изделий;
- возможностью многократного использования;
- простотой ремонта;
- легкостью возвращения в производственный цикл или переведения в экологически безвредную форму после выхода из строя.

9 Требования к малоотходным и безотходным производствам

9.1 На пути совершенствования существующих и разработки принципиально новых технологических процессов в направлениях малоотходности и безотходности необходимо соблюдение ряда общих требований:

- осуществление производственных процессов при минимально возможном числе технологических стадий (аппаратов), поскольку на каждой из них образуются отходы, и теряется сырье;
- применение непрерывных процессов, позволяющих наиболее эффективно использовать сырье и энергию;
- увеличение (до оптимума) единичной мощности агрегатов;
- интенсификация производственных процессов, их оптимизация и автоматизация;
- создание энерготехнологических процессов. Сочетание энергетики с технологией позволяет полнее использовать энергию химических превращений, экономить энергоресурсы, сырье и материалы и увеличивать производительность агрегатов. Примером такого производства служит крупнотоннажное производство аммиака по энерготехнологической схеме.

9.2 Требования при разработке различных малоотходных производств представлены в приложении В.

Приложение А
(справочное)

Основные направления реализации малоотходных технологий в ряде отраслей промышленности

В настоящем приложении представлены основные направления внедрения малоотходных технологий в отдельных отраслях промышленности.

А.1 Энергетика

В энергетике необходимо шире использовать новые способы сжигания топлива, например, такие, как сжигание в кипящем слое, которое способствует снижению содержания загрязняющих веществ в отходящих газах, внедрение разработок по очистке от оксидов серы и азота газовых выбросов; добиваться эксплуатации пылеочистного оборудования с максимально возможным КПД, при этом образующуюся золу эффективно использовать в качестве сырья при производстве строительных материалов и в других производствах.

А.2 Горная промышленность

А.2.1 Содержание понятия «безотходное горное производство» можно определить как комплекс мероприятий научно-технического и организационно-экономического характера, проводимых на всех стадиях добычи и переработки полезных ископаемых и обеспечивающих полное использование минеральных ресурсов и энергии либо непосредственно в самом горном производстве, либо путем их включения в природные геобиохимические процессы.

А.2.2 В горной промышленности необходимо:

- внедрять разработанные технологии по полной утилизации отходов, как при открытом, так и при подземном способах добычи полезных ископаемых;
- шире применять геотехнологические методы разработки месторождений полезных ископаемых, стремясь при этом к извлечению на земную поверхность только целевых компонентов;
- использовать безотходные методы обогащения и переработки природного сырья на месте его добычи;
- шире применять гидрометаллургические методы переработки руд.

А.2.3 Успешное решение этих проблем позволит:

- получить дополнительные объемы сырья;
- снизить и перенести на более отдаленные периоды расходы на освоение новых сырьевых районов;
- стабилизировать цены на минеральное сырье;
- существенно уменьшить масштабы воздействия горного производства на окружающую среду и тем самым создать условия для эффективного преодоления негативных тенденций развития минерально-сырьевой базы и горнодобывающей промышленности.

А.2.4 Проблема безотходного горного производства во многом решается при комплексном использовании минерального сырья и отходов его переработки [7].

А.3 Металлургия

А.3.1 В черной и цветной металлургии при создании новых предприятий и реконструкции действующих производств необходимо внедрение безотходных и малоотходных технологических процессов, обеспечивающих экономное, рациональное использование рудного сырья:

- вовлечение в переработку газообразных, жидких и твердых отходов производства, снижение выбросов и сбросов вредных веществ с отходящими газами и сточными водами;
- при добыче и переработке руд черных и цветных металлов широкое внедрение использования многотоннажных отвальных твердых отходов горного и обогатительного производства в качестве строительных материалов, закладки выработанного пространства шахт, дорожных покрытий, стеновых блоков и т. д. вместо специально добываемых минеральных ресурсов;
- переработка в полном объеме всех доменных и ферросплавных шлаков, а также существенное увеличение масштабов переработки сталеплавильных шлаков и шлаков цветной металлургии;
- резкое сокращение расходов свежей воды и уменьшение сточных вод путем дальнейшего развития и внедрения безводных технологических процессов и бессточных систем водоснабжения;
- повышение эффективности существующих и вновь создаваемых процессов улавливания побочных компонентов из отходящих газов и сточных вод;
- широкое внедрение сухих способов очистки газов от пыли для всех видов металлургических производств и изыскание более совершенных способов очистки отходящих газов;

- утилизация слабых (менее 3,5 % серы) серосодержащих газов переменного состава путем внедрения на предприятиях цветной металлургии эффективного способа окисления сернистого ангидрида в нестационарном режиме двойного контактирования;

- на предприятиях цветной металлургии ускорение внедрения ресурсосберегающих автогенных процессов и в том числе плавки в жидкой ванне, что позволит не только интенсифицировать процесс переработки сырья, уменьшить расход энергоресурсов, но и значительно оздоровить воздушный бассейн в районе действия предприятий за счет резкого сокращения объема отходящих газов и получить высококонцентрированные серосодержащие газы, используемые в производстве серной кислоты и элементарной серы;

- разработка и широкое внедрение на металлургических предприятиях высокоэффективного очистного оборудования, а также аппаратов контроля разных параметров загрязненности окружающей среды;

- быстрейшая разработка и внедрение новых прогрессивных малоотходных и безотходных процессов, имея в виду бездоменный и бескоксовый процессы получения стали, порошковую металлургию, автогенные процессы в цветной металлургии и другие перспективные технологические процессы, направленные на уменьшение выбросов в окружающую среду;

- расширение применения микроэлектроники, АСУ, АСУ ТП в металлургии в целях экономии энергии и материалов, а также контроля образования отходов и их сокращения.

А.3.2 В литейном производстве используются быстротвердеющие формовочные смеси. Это процесс, при котором происходит химическое отвердение форм и стержней, прогрессивный не только с технологической, но и с санитарно-гигиенической точек зрения, благодаря значительному сокращению пылевыделения. Коэффициент использования металла при таком литье увеличился до 95 %—98 %.

А.3.3 Новая технология изготовления разовых литейных форм предложила английская фирма «Бут», которая вообще отказалась от использования формовочных смесей с органическими связующими веществами. Увлажненный в воде песок формуется, а затем быстро замораживается жидким азотом. Полученные в таких формах отливки из чугуна и цветных сплавов имеют надлежащую структуру и гладкую поверхность.

А.3.4 При термической обработке металлов значительный интерес вызывают новые производственные методы, основанные на проведении процессов в замкнутых объемах с минимальным расходом исходных материалов и без выделения продуктов химической реакции в окружающую среду; распространенным является циркуляционный метод насыщения металлов и сплавов с использованием специальных установок, в которых рабочее пространство герметичный поток создается реверсивным вентилятором. В отличие от прямоточного газового метода, при котором в атмосферу выбрасываются вредные вещества, циркуляционный метод уменьшает вредность технологического процесса химико-термической обработки металлов.

А.3.5 Широко используют прогрессивный метод ионного азотирования, который по сравнению с печным значительно экономичнее, повышает коэффициент использования электроэнергии, нетоксичен и соответствует требованиям защиты окружающей среды.

А.3.6 С целью улучшения экологического состояния в прокатном производстве широко используют новую технологию прокатки стали — винтовая прокатка металла для получения пустотелой спиральной буровой стали. Такая технология прокатки металла позволила отказаться от дальнейшей металлообработки, что не только сэкономит металл на 10 %—35 %, но и улучшит условия труда рабочих и экономическое положение со снижением запыленности воздуха в шахтах, шума и вибрации на рабочих местах.

А.4 Химическая и нефтеперерабатывающая промышленность

В химической и нефтеперерабатывающей промышленности в более крупных масштабах необходимо использовать в технологических процессах:

- окисление и восстановление с применением кислорода, азота и воздуха;
- электрохимические методы, мембранную технологию разделения газовых и жидкостных смесей;
- биотехнологию, включая производство биогаза из остатков органических продуктов;
- методы радиационной, ультрафиолетовой, электроимпульсной и плазменной интенсификации химических реакций.

А.5 Машиностроение

В машиностроении в области гальванического производства следует направлять научно-исследовательскую деятельность и разработки на водоочистку, переходить к замкнутым процессам рециркуляции воды и извлечению металлов из сточных вод; в области обработки металлов шире внедрять получение деталей из пресс-порошков.

А.5.1 В машиностроительной промышленности разработки малоотходных технологических процессов прежде всего связаны с необходимостью увеличения коэффициента использования металла (КИМ), в деревообработке — увеличение коэффициента использования древесины (КИД).

А.5.2 В машиностроительной промышленности разработки малоотходных технологических процессов прежде всего связаны с необходимостью увеличения коэффициента использования металла (КИМ).

А.6 Лесозаготовка и деревообработка

А.6.1 Примером безотходной технологии в лесозаготовительном производстве может быть полная переработка срезанного дерева на основную продукцию (пиловочник, фанерный кряж, рудничный стояк и др.) и всех отходов от основной продукции (ветви, корневища, листья-шпильки и др.) на производство дополнительной продукции (технологическая щепа, дрова, хвойная мука, пищевые продукты, органические удобрения и др.).

А.6.2 Примером безотходной технологии в деревообрабатывающей отрасли можно считать агрегатное лесопиление, когда вместе с пиломатериалами образуется технологическая щепа, что в дальнейшем является сырьем для производства древесностружечных и древесноволокнистых плит, целлюлозы.

А.6.3 Аналогичные примеры безотходных технологий можно привести при производстве шпона, клееной фанеры, тары, паркета, мебельных и столярных изделий и др.

А.6.4 Огромное количество промышленных отходов накапливается в лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленностях. Отходами здесь являются ветви и сучья деревьев на лесосеках, куски древесины, кора, опилки, а также затвердевшие остатки синтетических смол, лакокрасочных материалов и т. д. Широкое внедрение в эти отрасли лесного комплекса безотходной и малоотходной технологии является одним из важнейших задач, стоящих перед предприятиями этой отрасли.

А.6.4.1 С целью рационального комплексного использования всей древесины в лесопромышленном комплексе важным является выявление всех отходов от основного производства, для чего целесообразно составление баланса древесины. При деревообработке разработка малоотходных технологических процессов прежде всего связана с увеличением коэффициента использования древесины (КИД).

А.6.4.2 Степень использования древесных отходов при безотходной или малоотходной технологии можно характеризовать коэффициентом ее использования, определяют по формуле

$$K_{вых} = \frac{V_{осн} + V_{доп}}{V_с}, \quad (А.1)$$

где $V_{осн}$ — объем основной продукции, изготавливаемой из древесины;

$V_{доп}$ — объем дополнительной продукции, которая производится из отходов основной продукции (горбыль, технологическая щепа, технологические опилки, клееные заготовки, товары народного потребления, топливо и др.), м^3;

$V_с$ — объем поступающего сырья в производство, м^3.

А.6.4.3 Одним из важнейших факторов, влияющих на переход к безотходной технологии на лесоперерабатывающих предприятиях, является несовершенная методика определения объема лесоматериалов только по диаметру и длине на основе таблиц объемов. Поэтому необходимым на лесоперерабатывающих предприятиях является переход к искусственному способу определения объемов круглых лесоматериалов, пилопродукции и отходов с помощью измерительной техники, который широко применяется за рубежом. Это позволило бы полнее использовать все древесные отходы.

А.6.4.4 Перспективным для охраны окружающей среды являются вибрационная резка и фрезерование древесины, которые не сопровождаются образованием опилок и пыли.

А.7 Бумажная промышленность

В бумажной промышленности необходимо:

- внедрять разработки по сокращению на единицу продукции расхода свежей воды, отдавая предпочтение созданию замкнутых и бессточных систем промышленного водоснабжения;
- максимально использовать экстрагирующие соединения, содержащиеся в древесном сырье для получения целевых продуктов;
- совершенствовать процессы по отбеливанию целлюлозы с помощью кислорода и озона; улучшать переработку отходов лесозаготовок биотехнологическими методами в целевые продукты; обеспечивать создание мощностей по переработке бумажных отходов, в том числе макулатуры.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Аддитивные технологии

Аддитивные технологии изначально планировались как безотходные, что крайне важно для защиты окружающей среды.

В настоящее время в отечественной нормативной документации определения, что такое аддитивные технологии, как их определять и, соответственно, толковать, не даны. Поэтому пока воспользуемся зарубежным опытом [8].

Вопрос терминологии отдельно рассматривался в рамках деятельности организации ASTM International (American Society for Testing and Materials), которая занимается разработкой технических стандартов для широкого спектра материалов, изделий, систем и услуг. ASTM определяет аддитивные технологии как «Процесс соединения материалов с использованием пространственной трехмерной модели, как правило, слой за слоем, в отличие от субтрактивной технологии производства» [6].

Рекомендованы два основных термина — Additive Fabrication (AF), Additive Manufacturing (AM), поэтому используют «AM-технологии», а также «легитимные» синонимы (additive processes, additive techniques, additive layer manufacturing, layer manufacturing и freeform fabrication), которые в русскоязычном варианте могут быть корректно переведены как «аддитивные технологии». Их также можно называть технологиями послойного синтеза. Тем не менее в интернет-сообществе, в образовательном процессе, в популярной научно-технической литературе и разговорной речи профессионалов можно услышать и прочитать: «выращивание», «3D-печать», «3D-принтер», «3D-принтинг». Де-факто эти термины узаконили себя без санкции ASTM, и их также следует принять в качестве легальных синонимов.

Термин «Rapid Prototyping» («Быстрое прототипирование») рекомендовано изъять из обращения, как безнадежно утративший смысл современных аддитивных технологий. Прототипирование — это лишь часть, и теперь уже не доминирующая, аддитивных технологий.

Как известно, существует несколько методов 3D-печати, однако все они являются производными аддитивной технологии производства изделий. Вне зависимости от того, какой 3D-принтер вы используете, построение заготовки осуществляется путем послойного добавления сырья. Несмотря на то, что термин Additive Manufacturing используется отечественными инженерами очень редко, технологии послойного синтеза фактически оккупировали современную промышленность.

В международном сообществе, так же как и в России, устоявшейся классификации аддитивных технологий пока не принято. Различные авторы подразделяют их:

- по применяемым строительным или модельным материалам (жидкие, сыпучие, полимерные, металлопорошковые и т. д.);
- по наличию или отсутствию лазера;
- по методам подвода энергии для фиксации слоя построения (с помощью теплового воздействия, облучения ультрафиолетовым или видимым светом, посредством связующего состава и т. д.);
- по методам формирования слоя.

Но не всякие технологии соединения материала являются аддитивными, а только те, которые создают объект по данным 3D-модели или из CAD-данных, т. е. на основе трехмерной компьютерной модели. Это второе ключевое слово — CAD. Третье ключевое слово здесь — «послойно». Хотя отметим осторожность американцев в определении: они написали все-таки «usually», т. е. «как правило», «обычно», видимо, допуская, по меньшей мере, теоретическую возможность и не послойного построения.

Наиболее точной аддитивной технологией считается стереолитография — методом поэтапного послойного отверждения жидкого фотополимера лазером. SLA принтеры используются преимущественно для изготовления прототипов, макетов и дизайнерских компонентов повышенной точности с высоким уровнем детализации.

Сегодня в России создана система, позволяющая создавать 3D-изделия по любому типу входных данных. Можно даже получать томографические данные пациента и создавать биосовместимые импланты.

В настоящее время трудно найти область деятельности, куда не вошли аддитивные технологии: это аэрокосмическая промышленность, медицина, криминалистика, искусство, палеонтология. Кроме того, аддитивная технология лежит в основе современного цифрового производства, а в ее основе — машина лазерной стереолитографии, которая позволяет постепенно создавать сложнейшие изделия.

Так, одним из ключевых направлений новой стратегии инновационного развития Росатома определены аддитивные технологии, позволяющие изготавливать (фактически печатать) на специальных принтерах самые разные и сложные объекты. Это направление активно развивается в мире. В данном случае речь идет о технологиях аддитивной металлургии, где «выращивание» необходимых объектов происходит с помощью так называемого селективного лазерного плавления (SLM, selective laser melting) металлических порошков.

В Росатоме намечена разработка пакета нормативно-технических документов в области аддитивных технологий (технические условия, предварительные национальные стандарты) и организация производства порошков металлических сплавов, а также многолазерных SLM-комплексов.

В настоящее время уже производится синтезированная металлическая технологическая оснастка, изготавливаются инструменты, детали авиалайнеров, спутников, ракет, подводных лодок, имеются десятки тысяч протезов и имплантов, ювелирных изделий и многое другое, что невозможно было себе представить несколько лет назад. И есть все основания полагать, что аддитивные технологии уже в самом ближайшем времени приобретут статус стратегически важных, приоритетных технологий машиностроения.

В профессиональном языке авиастроителей есть фразеологизм «buy-to-fly» ratio, который можно перевести как «отношение того, что купил, к тому, что полетело», т. е. сколько материала было куплено и сколько реально «полетело» в качестве деталей в составе самолета. По разным данным, это отношение составляет 15:1 или даже 20:1 для сложных деталей. Использование аддитивных технологий позволяет свести этот показатель до 1,5—2,0:1 [1], что вписывается в критерий для «безотходного процесса» по ГОСТ 14.322.

В [9] показана принципиальная возможность дальнейшего развития аддитивных технологий при изготовлении деталей методом наращивания. Экспериментально определены условия рационального осуществления процесса при послойном наращивании экспериментальных образцов. Установлено, что наряду с величиной технологического тока и накопленного разряда решающее значение имеют частота и продолжительность контакта в течение одного периода вибраций рабочего электрода. Сформулированы основные требования к составу и параметрам технологического оборудования. Даны рекомендации по параметрам предложенного технологического процесса.

AF-технологии относят к технологиям XXI века. Кроме очевидных преимуществ в скорости и зачастую в стоимости изготовления изделий аддитивные технологии имеют важное достоинство с точки зрения охраны окружающей среды, и в частности эмиссии парниковых газов и «теплового» загрязнения. Аддитивные технологии имеют огромный потенциал в деле снижения энергетических затрат на создание самых разнообразных видов продукции [10].

Приложение В
(рекомендуемое)

Требования при разработке малоотходных производств

При создании малоотходных и безотходных производств требуется учет всех перечисленных требований, но в разной степени: сообразуясь с конкретными особенностями.

В.1 Требования к технологическим процессам:

- разработка принципиально новых процессов, при внедрении которых существенно снижается или практически исключается образование отходов и отрицательное воздействие на окружающую среду;
- комплексное использование всех компонентов сырья и максимально возможное использование потенциала энергоресурсов;
- возможность замены первичных сырьевых и энергетических ресурсов вторичными;
- создание энерготехнологических процессов;
- внедрение непрерывных процессов и т. д.

В.2 Требования к аппаратурному оформлению:

- разработка принципиально новых аппаратов (например, позволяющих проводить в одном аппарате несколько технологических процессов);
- оптимизация размеров и производительности;
- герметизация;
- использование новых конструкционных материалов и т. д.

В.3 Требования к сырью, материалам и энергоресурсам:

- обоснованность их качества (в частности, использование сырья и материалов, например, технической воды, не питьевого, а более низкого качества);
- предварительная подготовка сырья и топлива (извлечение из него токсичных компонентов, например, серы из топлива и т. п.);
- возможность замены сырья и энергоресурсов на нетрадиционные, местные, попутно добываемые и т. д.

В.4 Требования к готовой продукции, включая побочную и попутно образующуюся:

- обеспечение возможности и условий возвращения продукции в производственный цикл после физического и морального износа (рецикл);
- максимальное использование вторичных ресурсов при производстве продукции: в композиции, в деталях конструкции и в технологическом процессе;
- биоразлагаемость и т. д.

В.5 Требования к обезвреживанию и ликвидации неутилизируемых отходов:

- обоснование способов обезвреживания и ликвидации, включая конструкцию установок и сооружений;
- оценка возможного воздействия на окружающую среду в зависимости от способа обезвреживания и ликвидации и т. д.

В.6 Требования к организации производства:

- цикличность потоков веществ, например, создание замкнутых водооборотных и газооборотных циклов;
- возможность комбинирования производств на основе комплексного использования сырья и энергоресурсов;
- возможность отраслевой кооперации производств на основе переработки и утилизации вторичных ресурсов;
- разработка нормативов, ограничивающих воздействие на окружающую среду;
- организация непрерывного (независимого) контроля состояния окружающей среды в районе предприятия и т. д.

В.7 Требования к экономической эффективности:

- учет стоимости дополнительно производимой продукции, сэкономленных природных ресурсов и предотвращаемого экономического ущерба.

Библиография

[1] Материалы семинара по малоотходной технологии Европейской экономической комиссии ООН в Ташкенте, 1984 г. (Электронный ресурс)

[2] Декларация о малоотходной и безотходной технологии и использовании отходов, 1979 г.

[3] Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»

[4] Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»

[5] Федеральный закон от 31 декабря 2014 г. № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации»

[6] ASTM F2792.1549323-1 Стандартизованные термины для технологий аддитивного производства (Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies)

[7] Безотходное горное производство (Электронный ресурс)

[8] Электронный ресурс: Аддитивные технологии и изделия из металла, Довбыш В.М., Забеднов П.В., Зленко М.А.

[9] Электронный ресурс: Ковалевский С.В., Гончарова Н.С. Развитие аддитивных технологий на основе послойного выращивания деталей машин//ISSN 2219—7869. НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ДГМА (Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск) № 3 (18Е), 2015. С. 149—154

[10] Электронный ресурс (e-mail: gost.e-ecolog.ru Н. Тимошенко, к.т.н., начальник производственного цеха ООО «Скайлок», Москва, Е.И. Сизова, к.т.н., доц., О.В. Белянкина, к.т.н., доц., Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС». Аддитивные технологии в горнодобывающей отрасли

[11] Директива 2008/98/ЕС Европейского парламента и Совета Европейского союза от 19 ноября 2008 г. «Об отходах и отмене соответствующих директив» (Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives)

[12] Модельный закон «Об отходах производства и потребления». Принят Постановлением от 31 октября 2007 г. № 29—15 Межпарламентской Ассамблеи государств — участников Содружества Независимых Государств

УДК 504.064:006.354 ОКС 13.030.01

Ключевые слова: ресурсосбережение, отходы, обращение с отходами, малоотходные технологии, безотходные технологии, требования

Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 30.03.2026. Подписано в печать 14.04.2026. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,77.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru