

Лекция 1. ПОНЯТИЕ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ. ОБЗОР И АНАЛИЗ МИРОВЫХ ДОСТИЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Формирование и реализация стратегии ресурсосбережения на всех уровнях управления — один из важнейших вопросов стратегического менеджмента, т.к., во-первых, ресурсоемкость является второй стороной товара (первая — качество), во-вторых, Российская федерация по эффективности использования ресурсов значительно отстает от промышленно развитых стран. Например, эффективность использования электроэнергии в Российской Федерации примерно в 2 раза ниже, чем в США, коэффициент использования металлов в машиностроительной промышленности США составляет порядка 0,92, а в Российской Федерации — 0,70. Российская Федерация значительно отстает от промышленно развитых стран по коэффициенту извлечения из недр полезных ископаемых, использования технологического оборудования и машин, основных и оборотных средств, трудовых ресурсов и т.д.

И как следствие, из-за отсутствия средств на качественное воспроизводство всех составляющих потенциала страны растет удельный вес изношенных основных фондов, экологически опасных объектов, снижается доля конкурентоспособной промышленной продукции (в 1997 г. она составляла примерно 1%), средняя продолжительность жизни населения и т.д.

Стратегия ресурсосбережения — это комплекс принципов, факторов, методов, мероприятий, обеспечивающих неуклонное снижение расхода совокупных ресурсов на единицу валового национального продукта (в рамках страны), либо на единицу полезного эффекта конкретного товара при условии обеспечения безопасности страны, экосистемы, регионов, фирм, человека.

Рассмотрим это понятие по элементам и уровням иерархии.

Принципы ресурсосбережения в рамках страны:

- совершенствование структуры потребляемых ресурсов путем уменьшения доли экспорта сырьевых ресурсов, увеличения удельного веса экологически чистых и эффективных видов ресурсов;
- повышение коэффициентов извлечения из недр полезных ископаемых;
- увеличение доли ресурсосберегающих технологий;
- анализ использования ресурсов по всем стадиям жизненного цикла объектов;
- развитие методов анализа, прогнозирования, оптимизации и стимулирования улучшения использования ресурсов;
- применение при разработке проблем ресурсосбережения научных подходов менеджмента.

Для уровня фирм перечисленные принципы должны адаптироваться к конкретным объектам, технологиям, возможностям, стандартам.

Методы ресурсосбережения — конкретные технологические способы, организационные и экономические методы экономии расхода ресурсов на единицу полезного эффекта (работы) по новому варианту инвестиционного проекта по сравнению с заменяемым вариантом.

Методы ресурсосбережения реализуются через организационно-технические мероприятия, например, по замене физически или морально устаревших технологий, оборудования, организационных проектов, экономических и других методов менеджмента.

Для уровня страны (региона) стратегия ресурсосбережения должна разрабатываться на длительную перспективу (например, в США действует программа ресурсосбережения на 40 лет) на основе рассмотренных выше принципов.

Инновационный процесс в дорожном хозяйстве представляет собой воплощение новшеств, как правило – результатов НИОКР, в научной, нормативно-технической продукции и запатентованных объектах промышленной собственности – нематериальных активах. При этом создается принципиально новое качество более технологичной продукции и формируются нормативно-технические требования к ее составу, которые используются впоследствии в инженерных дорожных проектах.

Существующая система технического регулирования, обеспечивающая проектирование, строительство и ремонт автомобильных дорог общего пользования, находится в стадии реформирования, регулируется в части дорожного хозяйства распоряжениями Росавтодора (по федеральным дорогам) и нормативно-методическими документами СОГУ «Управление автомобильных дорог» (по территориальным дорогам Свердловской области). Неотъемлемой составляющей системы является разработка по планам НИОКР дорожного хозяйства, нормативно-технических документов по вовлечению в проекты эффективных дорожных технологий и материалов.

Существенными элементами развития системы проектирования строительства и ремонта автомобильных дорог в Свердловской области явились новые нормативнотехнические документы и научно-техническая продукция, созданная по заказу СОГУ «Управление автомобильных дорог» в рамках планов НИОКР областного дорожного хозяйства по разработке и опытному внедрению битумно-эмульсионных (холодных) дорожных технологий, улучшенных асфальтобетонных дорожных покрытий и прогрессивных (долговечных) конструкций дорожных одежд с применением местных техногенных материалов. Большинство из представленных инновационных технологий и материалов прошли опытно-производственную проверку в дорожно-климатических условиях Среднего Урала.

Эффективная организация производства в дорожном хозяйстве базируется на непрерывном инновационном процессе, осуществляемом в соответствии с тенденциями и динамикой научно-технического прогресса. При рассмотрении динамики технологических инноваций можно выделить фазы зарождения и материализации нового технического решения, кульминации (активного производственного использования), неизбежного прекращения жизненного цикла в результате освоения инновации или вытеснения более эффективной.

Предложены типовые функциональные алгоритмы процессов устойчивого развития инновационной деятельности, функции соответствия «ресурс – потребность – непрерывность», организации управления устойчивостью процесса развития, формирования целей и задач процессов организации и управления. Раскрывается сущность научной категории технологической инновации как материализующегося технологического новшества, то есть находящегося в процессе, развитии, в процессе внедрения в практику. Уточнены роль и значение НИОКР для инновационного процесса. Первая – опытно-исследовательская стадия НИОКР – является предпосылкой зарождения технологической инновации, вторая – опытно-промышленная – по сути, рождает технологическую инновацию. Технологическая инновация имеет два основных периода эволюции жизненного цикла: развитие (становление) и завоевание рынка, в процессе которого она либо воспринимается производством товаров и услуг, либо вытесняется новой, более прогрессивной.

Инновационная модель в дорожно-строительном производстве предполагает использование в проектах только современной высокопроизводительной техники, более качественных технологий и материалов, применение которых соответствует уровню

транспортных нагрузок на дорожную одежду и обеспечивает наибольшую долговечность автодорог (межремонтный срок технической эксплуатации) в рамках выделяемых на строительство и ремонт финансовых ресурсов. Оценка эффективности технических решений по приведенным затратам становится решающим фактором повышения эффективности дорожно-строительного комплекса в инновационной модели развития дорожного хозяйства.

Первоначально ожидаемая эффективность нового технического решения может прогнозироваться по коэффициентам продления межремонтного срока эксплуатации дорожной одежды. В дорожном хозяйстве за последние 10 лет накоплен большой опыт внедрения новых дорожно-строительных технологий и материалов, позволяющий выделить на сегодняшний момент наиболее эффективные, апробированные в дорожных условиях и имеющие разработанную нормативную базу. В условиях Свердловской области внедрены и рекомендованы к широкому использованию новые материалы и технологии, такие как:

- устройство самоомолачиваемых оснований дорожных одежд из металлургических шлаков предприятий черной металлургии (НТМК, СМЗ, НСММЗ) – по методическим рекомендациям, разработанным совместно с Омским СоюздорНИИ. Используются при строительстве а/д Серов – Ивдель – Ханты-Мансийск и на территориальных автодорогах, с применением шлаковых материалов в основаниях дорожной одежды (объем внедрения – около 20 км/год);

- внедрено и расширяется применение улучшенных (более качественных и долговечных) асфальтобетонов по типу ЩМА (со стабилизирующими добавками «Виатоп-66» и «Хризотоп») на основе кубовидного щебня, имеющие значительное преимущество по сравнению с типовыми марками асфальтобетона по устойчивости к сдвигу (предотвращение колейности), макрошероховатости (высокий коэффициент сцепления, не нужно дополнительной поверхностной обработки) и долговечности (срок службы дорожного покрытия продлевается в 2 раза). Введено порядка 50 км автодорог с новым типом покрытия (ЩМА, БМО) и расширяется их применение – щебеночно-мастичное покрытие марки ЩМА-15 использовано при реконструкции магистрали «Екатеринбург – аэропорт Кольцово в строительный сезон 2008г.;

- для повышения надежности и долговечности дорожных конструкций активно начали применяться геосинтетические материалы: нетканые синтетические материалы марки «Геоком» для укрепления земляного полотна (пример: автодорога Екатеринбург – Тюмень, обход г. Камышлова); геосетки для армирования асфальтобетона

- дорожные сетки ССНП 50/50-25 и 100/100-25 ХАЙВЭЙ производства фирмы «Стеклонит» – используются на автодорогах федерального и территориального значения; объемные георешетки (геоматы) для укрепления откосов насыпи (выемки) и конусов путепроводов;

- внедрены современные технологии: шероховатой поверхностной обработки (ШПО) с синхронным распределением вяжущего и щебня «Чип-Сил», технология устройства слоев износа из литой эмульсионно-минеральной смеси «ЭМУЛЬДОР». Для этих технологий разработаны специальные катионные битумные и битумно-полдимерные эмульсии. Объемы устройства ШПО по технологии «Чип-Сил» составляют 200–220 км/год. Устройство слоев износа автодорог по технологии «Сларри-Сил» составляет до 100 км/год. Эти технологии продлевают срок службы покрытий автодорог в 1,5–1,7

раза и эффективны по производительности и качеству отремонтированного дорожного покрытия;

- внедрена технология холодной регенерации с использованием ресайклера RACO-550 (ФГУП «Свердловскавтодор») и стабилизирующих добавок битумной эмульсии в регенерируемую смесь (асфальтогранулят). Технология является одной из наиболее прогрессивных для капитального ремонта автодорог с асфальтобетонным типом покрытия, отличается высоким показателем ресурсосбережения и энергоэффективностью. Обновляет полностью дорожную одежду, исключая повторное появление трещин, отраженных от старого дорожного покрытия;

- внедрено покрытие из полимерасфальтобетона (опытные участки на автомобильных дорогах Малахово – Бобровское в Байкаловском районе и Н.Серги – Михайловск – Арти). В дорожном хозяйстве имеется современная установка «Беннингхофен» по производству полимерно-битумного вяжущего. Необходимо продолжать работы по дальнейшему внедрению ПБВ с новыми эффективными модификаторами и полимерами (Элвалой, PR-PLAST, СБС и др.);

- разработаны научно обоснованные единичные нормы и расценки по применению новой техники в дорожном строительстве, при ремонте и содержании автодорог (разработчики – «Уралэкономцентр» и Уральский филиал «РосдорНИИ»);

В настоящее время активно ведутся опытно-экспериментальные работы по внедрению инновационных дорожных технологий, таких как:

- технология армирования асфальтобетона полимерными добавками PR PLAST (ФГУП «Свердловскавтодор», Уральский филиал «РосдорНИИ» и ЗАО «Росеврострой», г. Екатеринбург);

- стабилизация грунтов с немецкой добавкой «КИНПРО НАНО-СИСТЕМ» (кафедра транспорта и дорожного строительства УГЛТУ, «КИНПРО-Холдинг», ПТУ «Уралдорсервис»);

- использование Тринидадского асфальтита для повышения качества и долговечности асфальтобетона (ЗАО «Жасмин», «Балтхиминжиниринг»);

- внедрение новых деформационных швов для мостовых сооружений (Мостоотряд № 72), температурно-неразрезные конструкции мостов и путепроводов (Мостстройпроект), применение сталефибробетона в проезжей части мостов (УралгипродорНИИ), гофрированные арочные металлоконструкции (Кировстроймост) и ряд других;

- представляет практический интерес использование в дорожном строительстве армогрунтовых конструкций на слабых основаниях, с геосетками и георешетками типа «Тенсар», «Славрос» и «Гекса».

Внедрение новых технологий потребовало *принципиально* поднять качество дорожных работ и организовать производство современных дорожно-строительных материалов для их осуществления – кубовидных щебней, активированного минерального порошка и катионных битумных эмульсий. В Свердловском управлении автодорог в свое время была создана и укомплектована современным оборудованием лаборатория контроля качества материалов и дорожных работ. В последние годы создана современная производственная база: запущены в эксплуатацию новые производственные мощности

улучшенных по качеству дорожно-строительных материалов для дорожной отрасли. Наиболее крупные объекты – Монетный щебеночный завод (производительностью по кубовидному щебню – 700 тыс. м³ / год); Сухоложская битумно-эмульсионная база – производительностью по битумной эмульсии разных марок (для устройства слоев износа, ямочного ремонта и холодной регенерации автодорог) – 10 тыс.т/год. Реконструированы производства инертных материалов на заводах–поставщиках щебня для нужд дорожной отрасли (ОАО «Ураласбест», Первоуральское рудоуправление и др.). Налажено производство локальных установок для подготовки щебня и битума на АБЗ (разработчик – ЗАО «НОМБУС»).

Внедрение новой техники, технологий и материалов инициативно осуществляется в подрядных дорожно-строительных организациях. Все основные подрядчики положительно относятся к внедрению инноваций и оказывают организационно-техническое содействие инновационным разработкам, предоставляя технику, ресурсы и опытные участки для выполнения работ.

Общая схема организации инновационной деятельности в дорожном хозяйстве учитывает испытания инновационной продукции в производственных условиях (выпуск опытных партий, строительство опытных участков), разработку НТД и сертификацию качества инновационной продукции. Такой подход к организации инновационного процесса в дорожном хозяйстве получил поддержку проектных и дорожно-строительных организаций.

Результативность моделирования инновационной деятельности заключается в развитии теории управления технологическими инновациями, рассмотрении их в качестве продуктово-технологической платформы на современном этапе научно-технического прогресса. Введено в научный оборот качественно новое понятие – модуль функционального соответствия управления инновационной деятельностью для повышения эффективности организации производства. Установлена связь систем управления с объектами инновационной деятельности в дорожном хозяйстве и в смежных отраслях промышленного производства – в топливно-энергетическом комплексе и индустрии строительных материалов.

Методические принципы оценки экономической эффективности инноваций могут быть сопоставительными, основанными на сравнении базовой (существующей) и новой (предлагаемой) технологии, и инвестиционными, основанными на расчете дисконтированных денежных потоков затрат и результатов инновационного проекта. Сопоставительный и инвестиционный методы оценки должны дополнять друг друга при технико-экономическом обосновании инновационных проектов. Важным в современных условиях становится учет всех значимых факторов для такого сложного процесса, как инновационная деятельность, формальный подход к которому приводит к неизбежным ошибкам и неточностям в экономической оценке ожидаемого результата, и как следствие, к упущенной выгоде. Вероятность ошибок снижается корректной оценкой рисков в условиях высокой степени неопределенности инновационного проектирования.

Суммирование дисконтированных доходов участников инновационного процесса для определения общей полезности инновации осуществляется графическим моделированием или иными математическими расчетными методами. Полученный срок окупаемости инновационного проекта и обратная величина (коэффициент эффективности) в случае крупных инфраструктурных проектов целесообразно сравнить с нормативом

окупаемости капитальных вложений ($E=0,12$), характеризовавший ранее предел их эффективности.

Следует отметить, что до сих пор отсутствует удовлетворительная методика оценки эффективности развития дорожной сети. Эффект от снижения транспортных издержек при строительстве автодорог не дает полноты экономической картины обоснования инвестиций в дорожные проекты. Окупаемость затрат на строительство автодорог должна учитывать длительный срок жизненного цикла автодорог и мостов (не менее 30 лет), определяться по критериям развития инфраструктурных проектов. Недостаток методической базы оценки транспортных проектов сдерживает развитие инфраструктуры, негативно отражается на темпах дорожного строительства и экономического роста.

По разработанным алгоритмическим решениям выполнены расчеты и проведена оценка экономической эффективности ряда инновационных проектов – организации производства резинобитумной мастики для дорожного строительства, обоснование производства кубовидного щебня для нужд дорожного хозяйства на Монетном щебеночном заводе.

Доказана необходимость и эффективность производства катионных битумных эмульсий «Эмульдор» на Сухоложской БЭБ для выполнения дорожных работ по современным «холодным» технологиям.

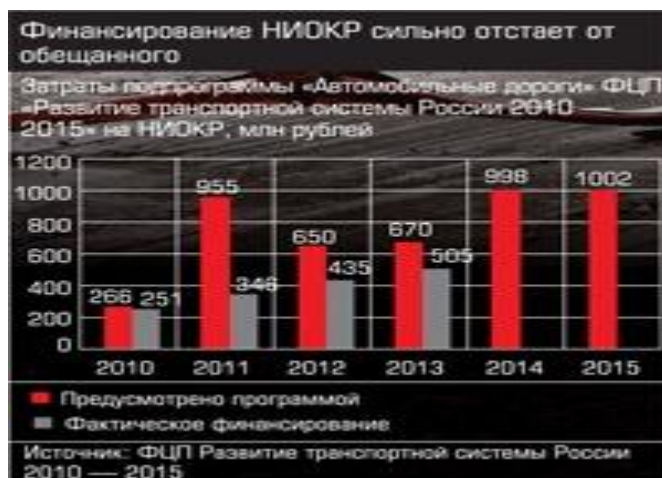
В случае выполнения инициативных научно-технических разработок оценка эффективности осуществляется в основном сопоставительными технико-экономическими расчетами, подтверждавшими эффективность разработок по сравнению с базовыми (традиционными) технологиями. Результаты оценки эффективности инноваций в дорожном хозяйстве отражаются в соответствующих технико-экономических обоснованиях и отчетах о НИР. Эффективность новых дорожных технологий и материалов (битумные эмульсии, мастики, кубовидные щебни, ЦМА, полимерасфальтобетон) определяется в основном продлением межремонтного срока эксплуатации дорожных покрытий, повышением качества строительства и экономией приведенных затрат на строительство, ремонт и содержание автомобильных дорог.

Со стороны органов управления дорожным хозяйством – федеральных и территориальных – необходимо осуществлять техническое регулирование и координацию инновационной деятельности, дальнейшее финансирование НИОКР, разработку проектной документации с использованием передовых технологий и материалов, при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Использование контрактов жизненного цикла при строительстве автодорог должно стать главным стимулом развития инноваций в этой отрасли. Но для их повсеместного применения нужно решить еще ряд проблем: увеличить финансирование и обновить нормативную базу.

На Всемирном экономическом форуме, состоявшемся в Давосе в начале года, были обнародованы результаты исследования качества дорожной инфраструктуры 139 стран мира. Россия заняла 124 место, среди соседей по рейтингу - Буркина Фасо, Чад, Мавритания и Сербия. Еще больше удручает другое. Аналогичное исследование проводилось в 2009-м: за два года баллы России (считаются исходя из соответствия дорог нормативам, доли асфальтированных, количеству ДТП и других параметров) снизились, а вот многим африканским странам результат удалось улучшить. На этом фоне наши власти

говорят о необходимости модернизации дорожной отрасли, переходе на инновационные рельсы. Поможет ли это «обогнать» Буркина Фасо?



По данным РосдорНИИ, количество технологий, освоенных федеральными и территориальными органами управления дорожным хозяйством, с 2000 по 2009 год выросло в четыре раза и достигло 320. Сведения ГипродорНИИ еще оптимистичнее: 187 инновационных технологий только в 2010-м, применяются 23 вида геосинтетических материалов, 26 технологий строительства и ремонта дорожных одежд, 34 новых типов машин и механизмов и т.д.

Нам ситуация представляется не такой радужной. Во-первых, цифры говорят буквально о технологическом прорыве, следствием которого должно было бы стать увеличение эффективности дорожного строительства. Но оно не отразилось в статистике: 60,4% дорог общего пользования федерального значения не соответствуют нормативам, 63,5% - регионального и межмуниципального, показатели ухудшаются. Можно, конечно, списать это на недостаток финансирования. Однако каждый автовладелец без труда вспомнит с десяток относительно свежих участков, на которых появились ямы и колеи на второй год после ремонта.

Во-вторых, не внедряются технологии, широко распространенные в мире. Например полимерно-битумные вяжущие (ПБВ). Это модифицированный битум, волокна полимеров в котором формируют трехмерную решетку с высокой эластичностью. Его устойчивость к образованию трещин и колеи выше, чем у обычного битума на 75%, сроки службы и межремонтного периода - на 40 - 45%. Еще один материал - армированные георешетки для укрепления дорожного полотна и распределения нагрузки. Такие применялись при строительстве, например, трассы Екатеринбург - аэропорт Кольцово, которую автомобилисты считают одной из лучших в Свердловской области.

- В Китае ПБВ с 2000 года стали обязательными при строительстве высокоскоростных дорог. В Германии они применяются в 23% случаев, в США и Корее - в 15%, на Аляске с ее жестким климатом - в 50%. В России это 1 - 2%. По георешеткам ситуация такая же, - отмечает вице-президент холдинга «Сибур» Кирилл Шамалов. - Между тем, по оценке СоюздорНИИ, удорожание стоимости строительства километра дороги с ПБВ составляет 0,8% и окупается уже через 2,5 года. Экономия дорожного бюджета РФ при повсеместном применении достигла бы 100 млрд рублей. С георешеткой еще интереснее. Ее использование приводит к уменьшению объема щебня в полотне, за счет чего экономия

видна уже на стадии строительства. Например, километр четырехполосной дороги с георешеткой будет стоить на 1,8 млн рублей дешевле обычной.

Таблица. Рейтинг стран мира по качеству дорожной инфраструктуры

Место	Страна	Результат (2009)	2011
1	Сингапур	6,6 (6,6)	
2	Франция	6,6 (6,7)	
3...	Швейцария	6,5 (6,7)	
...122	Буркина Фасо	2,6 (2,7)	
123	Сербия	2,5 (2,4)	
124	Казахстан	2,4 (2,5)	
125	Россия	2,4 (2,5)	
126	Чад	2,4 (1,6)	
127	Мавритания	2,4 (2,1)	
128...	Нигерия	2,4 (2,3)	
...137	Босния и Герцеговина	1,8 (1,6)	
138	Монголия	1,7 (1,4)	
139	Молдавия	1,3 (1,6)	
Источник: Всемирный экономический форум			

Лекция 2. УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ

В результате нерациональной воспроизводственной структуры капитальных вложений и деформации размещения производительных сил в России сложилась неэффективная структура народного хозяйства, в которой преобладают базовые отрасли промышленности: энергетика, металлургия, горнодобывающая промышленность и другие, являющиеся основными загрязнителями природной среды. Так, ликвидация дефицита энергии и конструкционных материалов на протяжении многих лет велась наращиванием их производства, а не путем внедрения технологий энерго- и ресурсосбережения, сокращения производственного потребления энергии и материалов. Избыточная материало- и энергоемкость производства обуславливала, в свою очередь, огромные масштабы добычи полезных ископаемых и их переработки. Это порождало по технологической цепочке образование дополнительных объемов отходов пустой породы, золы и шлаков, вредных выбросов в атмосферу и сбросов в водные объекты. Одновременно в народном хозяйстве сложился форсированный режим эксплуатации основных видов природных ресурсов.

Результатом такого положения стало снижение эффективности отраслей народного хозяйства, связанных с добычей и переработкой первичного природного сырья, необходимость увеличения доли ресурсов, направляемых в эти отрасли. В конечном итоге это привело к стагнации отраслевой структуры экономики и сдерживанию ее роста. В этих условиях необходима структурная трансформация сложившихся хозяйственных связей и пропорций в соответствии с экологическими требованиями.

Потребительский подход к использованию ресурсов окружающей среды и развития экономики в предыдущие годы не позволил России вместе с другими странами мира перейти к активному ресурсосбережению и сделать НТП основным фактором поддержания экономического роста и рационального природопользования. Это позволило бы отойти от экстенсивного пути развития, поддерживать объемы производства не столько за счет вовлечения в хозяйственный оборот новых ресурсов, сколько за счет комплексного и более эффективного их использования. Не осуществив своевременную переориентацию на интенсивный путь развития, Россия испытывает в настоящее время значительные трудности в экономике: усилилось отставание от мирового уровня производства, качества продукции, что, в свою очередь, проявляется в нарастании все обостряющихся экономических, социальных и экологических проблем.

Начиная с 70-х годов стали усиливаться негативные тенденции в народном хозяйстве, заметно снизились темпы экономического роста, слабо осуществлялась интенсификация производства и перестройка структуры хозяйства. Тесная связь экологических и экономических проблем здесь объясняется тем, что экологические проблемы во многом были порождены существованием до последнего времени и доминированием в экономике устаревшей воспроизводственной структуры. Она вступила в такую стадию развития, когда при близком к нулю приросте конечных результатов ее функционирования все больше ресурсов требуется на поддержание и сохранение этой структуры. Постоянный приток ресурсов и эксплуатация изношенного производственного оборудования оказывает разрушающее воздействие на природу. Так, например, такие города как Кемерово в России и Запорожье в Украине имеют предприятия металлургической промышленности со степенью износа основных фондов, достигающей 70%. На предприятиях черной металлургии, расположенных здесь, выпускается продукция, не отвечающая современным требованиям. Одновременно вклад этих предприятий в общую массу выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду на территории данных городов, по оценкам, составляет не менее 60%. В этом случае коренная реконструкция и модернизация металлургической промышленности за счет уменьшения доли загрязняющих и энергоемких производств представляется предпочтительной как с экономической, так и с экологической точек зрения. В настоящее время износ основных производственных фондов в России превышает 40%, фактические сроки службы промышленного оборудования вдвое превышают нормативные.

Магистральным направлением улучшения экологической обстановки в стране является прогрессивное изменение отраслевой и территориальной структуры экономики в направлении снижения удельного веса добывающих отраслей и преобразования технологической и технической базы в отраслях-загрязнителях путем перехода на экологически чистые технологические процессы.

Ориентация социально-экономической политики на сохранение экологического равновесия, обеспечение экологически устойчивого развития требуют наряду со структурной перестройкой экономики также совершенствования хозяйственного механизма, обеспечивающего ее функционирование. Структурные сдвиги в экономике должны быть связаны и с проведением организационно-технологических мероприятий по экономии сырья и энергии. В ходе такой перестройки следует обеспечить снижение удельной энерго- и материалоемкости ВВП, внедрение ресурсосберегающих технологий и современных конструкционных материалов, применение новых видов топлива и энергии.

Улучшение экологической ситуации, к примеру, в металлургическом комплексе и структурная перестройка в целом возможны за счет мероприятий по техническому перевооружению, внедрению энерго- и ресурсосберегающих технологий, дооснащению металлургических агрегатов эффективным природоохранным оборудованием. Так, в сталеплавильном производстве конверторный способ выплавки стали снижает удельные выбросы в атмосферу по сравнению с мартеновским в 3 раза. Важным ресурсосберегающим мероприятием является непрерывная разливка стали, в процессе которой до 15% снижается расход металла и достигается снижение удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в 2,5 раза.

Одним из направлений совершенствования структуры топливно-энергетического комплекса и связанного с этим улучшения экологической обстановки является развитие нетрадиционной энергетики и использование теплового потенциала, содержащегося в отходах. Нетрадиционная энергетика, базирующаяся на использовании возобновимых источников энергии, а также вторичных энергоресурсов, может служить альтернативой традиционной энергетике. Известно, что в Западной Европе нетрадиционные источники энергии покрывают до 20% общего потребления энергии. Нетрадиционные источники энергии могут внести существенный вклад в решение проблемы устойчивого энергообеспечения многих регионов России, повышая его надежность и обеспечивая экономию топлива. По оценкам, их использование для замещения органического топлива может возрасти к 2000 г. более чем в 4 раза главным образом за счет увеличения добычи термальных вод для энергетических целей, производства и внедрения гелиоколлекторов и преобразователей, ветро- и биоэнергетических установок, котлов-утилизаторов для сжигания ТБО, использования брикетированных древесных отходов и др. Технический потенциал возобновимых источников энергии в России значителен и составляет величину порядка 10 млрд т. у. т. Экономический потенциал оценивается величиной, эквивалентной 270 млн т. у. т в год и распределяется по отдельным видам следующим образом: малые и микроГЭС — 65, геотермальная энергия — 115, биомасса — 35, ветровая энергия — 10, низкопотенциальное тепло — 32, солнечная энергия — 12,5 млн т. у. т в год.

С учетом потенциала возобновляемых источников энергии, экологического состояния и дефицита энергоснабжения перспективными регионами России в этом отношении являются Мурманская, Архангельская, Вологодская, Псковская, Владимирская, Нижегородская, Кировская, Ростовская области, а также Республики Карелия и Бурятия. К примеру, неблагоприятная в экологическом отношении Карелия является перспективным регионом по развитию малой гидроэнергетики, энергетических биоустановок в сельском хозяйстве, ветровой энергетики. Опытные агрегаты и демонстрационные проекты по использованию нетрадиционных источников энергии в целях энергоснабжения имеются под Москвой и в Алтайском крае. Сооружаются Ставропольская геотеплоэлектрическая станция мощностью 1 МВт, геотермальные электрические станции теплоснабжения на Дальнем Востоке, энерго-биологический комплекс по утилизации сбросного тепла Курской АЭС, биологическая система по переработке отходов крупной птицефабрики во Владимирской области и другие.

Однако развитие нетрадиционной энергетики связано с определенными трудностями, главными причинами которых являются опытно-промышленный характер большинства технических решений по использованию нетрадиционных источников энергии, что обуславливает их высокую капиталоемкость, а также отсутствие действенных организационно-экономических условий и стимулов для их внедрения. Кроме того, до настоящего времени не развит отечественный рынок экологических товаров и услуг, экологическая инфраструктура, маркетинг для обеспечения внедрения высокоэффективных технологий и производств.

Отметим, для сравнения, что в настоящее время в Германии доля возобновимых источников энергии в общем объеме ее производства составляет 2,2%. К 2010 году ее удельный вес возрастет до 5%, а к 2050 году — доля производства энергии на основе

возобновимых источников (энергия солнца, ветра, воды, получение энергии из биомассы) составит здесь, по оценкам экспертов ООН по изменению климата, 50% от общего объема производства энергии. К примеру, в 1998 г. по сравнению с 1997 г. рост производства энергии, получаемой на солнечных батареях, в Германии составил 32,1%, получение энергии из биомассы за этот же период возросло на 21,3%.

В последнее время в России усилились дискуссии о перспективах развития атомной энергетики, которая дает около 12% производимой электроэнергии. Так, за 30 лет эксплуатации Нововоронежской АЭС было произведено 275 млрд кВтч электроэнергии. При традиционном способе получения электроэнергии путем сжигания каменного угля пришлось бы сжечь 120 млн т твердого топлива и попутно с ним — более 200 млн т кислорода. В атмосферу было бы выброшено 280 млн т CO₂, 5 млн т SO₂ и 1,6 млн т NO_x. С другой стороны, сложной проблемой остается экологически безопасное хранение ядерных отходов и их переработка, а также переход на безопасные типы реакторов.

Очевидно, что обострение эколого-экономической обстановки — это результат накопленных за многие десятилетия структурных деформаций народного хозяйства, приведших к доминированию природоемких отраслей промышленности, ресурсо- и энергоемких технологий, а также сырьевой ориентации экспорта. Указанные тенденции нашли свое отражение во внешнеэкономической деятельности, в частности, в процессе формирования и развития совместных предприятий, что проявляется в неблагоприятной структуре экспорта. В последние годы по сравнению с предыдущим периодом сильно возрос экспорт сырой нефти, нефтепродуктов, газа, угля, железной руды, аммиака, чугуна и алюминия, т. е. невозобновимых природных ресурсов при низкой степени их обработки и, соответственно, невысокому уровню доходов от экспорта. В 1998 г. в стране действовало более 10 000 совместных предприятий, организованных с фирмами 112 зарубежных стран, а объем экспорта составил в общем его объеме более 8%. Вместе с тем, подавляющая часть экспорта совместных предприятий (около 60%) составляли сырье и продукты первичной переработки.

Поддержание активного торгового баланса должно осуществляться, прежде всего, за счет повышения конкурентоспособности отечественных товаров, повышения их степени переработки и улучшения экологических параметров в соответствии с международными требованиями, а также за счет повышения удельного веса в экспорте готовых изделий. Таким образом, внешнеэкономическая деятельность, осуществляемая без должного учета экологических издержек производства, может и в дальнейшем оказывать неблагоприятное воздействие на структурную политику.

Как показывает анализ, зарубежные страны идут на компенсационные соглашения и создание совместных предприятий в России преимущественно в добывающей, химической и нефтехимической промышленности. Наряду с близостью к дешевым источникам сырья и энергии, важным стимулом участия в этих проектах для западных инвесторов является более либеральный по сравнению с западными странами экологический контроль, возможность сокращения издержек, связанных с использованием «грязных» технологий.

Одним из направлений структурной перестройки экономики с учетом экологических факторов является приватизация государственных и муниципальных предприятий. Как показывает мировой опыт, приватизация неэффективных и неконкурентоспособных предприятий позволяет существенно смягчить проблему дефицита государственного бюджета и способствует оздоровлению окружающей среды. Одним из условий приватизации, к примеру, в Аргентине и Мексике, было дооснащение предприятий природоохранным оборудованием и выделение инвестиций экологического характера. При этом новые собственники предприятий должны были обеспечить соблюдение требований в области охраны окружающей среды. В результате произошло улучшение состояния окружающей среды за счет сокращения вредных выбросов, экологического санирования территории. В Польше в процессе приватизации

предприятий также учитывались требования экологической санации приватизируемых предприятий. В ходе приватизации государственных предприятий в новых федеральных землях Германии в Опекунском Совете — аналоге Госкомимущества России были созданы специальные подразделения, отвечающие за разработку мероприятий по оздоровлению окружающей среды на приватизируемых предприятиях. При этом одним из условий приватизации явилось обеспечение конкурентоспособности нового предприятия за счет ориентации на мировой рынок и ответственности нового владельца по экологическим обязательствам. Одновременно решался также вопрос об ответственности за причиненный ущерб и санации окружающей среды на загрязненных территориях.

В условиях развития частного предпринимательства и приватизации государственных предприятий важное значение имеет разработка и внедрение системы организационно-экономических и правовых мер, обеспечивающих экологическую санацию предприятий и оздоровление окружающей среды.

В процессе приватизации в России также предпринимались попытки учета экологического фактора. С этой целью территориальными природоохранными органами совместно с Госкомимуществом России были разработаны перечни экологически опасных предприятий, в основу чего закладывались результаты проведения экспресс-оценки (аудирования) и экологической экспертизы приватизируемых предприятий.

В целях обеспечения экологического оздоровления приватизируемых предприятий включались следующие мероприятия:

- строительство и реконструкция очистных сооружений и природоохранных объектов;
- ликвидация неорганизованных источников выбросов;
- изменение и совершенствование основной технологии производства, снижающее экологическую опасность предприятия;
- обустройство отвалов и хвостохранилищ, обваловывание животноводческих и птицеводческих ферм, благоустройство территории, включая санацию загрязненных участков территории;
- перенос экологически опасных объектов из водоохранных и селитебных зон и др.

Одновременно целесообразно выделять те предприятия, дальнейшее функционирование которых в силу их повышенной экологической опасности нецелесообразно. Данные предприятия могут быть ликвидированы с продажей имущества на аукционе. В зависимости от степени экологической опасности приватизируемых предприятий, а также с учетом их экономической и социальной значимости может быть принято решение об их консервации, перепрофилировании или реконструкции. Примером тому является решение о перепрофилировании деятельности Байкальского ЦБК.

Основанием для отнесения предприятий к тем или иным группам по степени их экологической опасности, в том числе: а) ликвидируемым по экологическим причинам; б) подлежащим приватизации при условии принятия новым владельцем экологических обязательств, являются:

- решения органов управления о закрытии (консервации), перепрофилировании и реконструкции предприятий по технико-экономическим, социальным и экологическим условиям;
- материалы природоохранных органов, санитарно-эпидемиологического надзора и экологической прокуратуры о состоянии природоохранных объектов и данные о нарушении предприятиями природоохранных норм и правил;
- нарушение предприятиями установленных для региона лимитов природопользования и др.

Действующие до последнего времени правовые и нормативные акты, регламентирующие процессы приватизации, практически не затрагивали вопросы охраны окружающей среды. С целью усиления роли экологических факторов в процессе

приватизации предприятий, в том числе предприятий, оказывающих неблагоприятное воздействие на состояние окружающей среды, необходимо применение процедуры экологического аудирования.

Следует отметить, что существуют объекты и предприятия, находящиеся в федеральной собственности, приватизация которых запрещена. Сюда, в частности, относятся:

- недра, лесной фонд, водные ресурсы, воздушное пространство, ресурсы континентального шельфа, территориальных вод и морской экономической зоны Российской Федерации;
- охраняемые природные территории;
- предприятия и оборудование для захоронения твердых и жидких радиоактивных и ядовитых химических отходов;
- объекты научно-исследовательской сферы, осуществляющие исследования по охране природы и ведению экологического мониторинга и др.

Таким образом, реализация стратегии экологически устойчивого развития России тесно связано с проведением структурной, инвестиционной, экологической и внешнеэкономической политикой. Так, к примеру, в случае сохранения ресурсно-сырьевой специализации страны на мировом рынке и замедленного энерго- и ресурсосбережения можно ожидать усиления неблагоприятных изменений окружающей среды и истощения отдельных видов природных ресурсов, прежде всего — минерально-сырьевых. В этом случае структурные изменения, отвечая воспроизводственному подходу, призваны обеспечить преодоление экологических осложнений и переход к гармонизации отношений экономики и окружающей среды. Реализация на практике политики экологически устойчивого развития экономики, как отмечалось выше, связана со структурной перестройкой экономики и предполагает снижение природоемкости ВВП и уменьшение выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Речь идет главным образом о воспроизводстве качества окружающей среды за счет перехода к безотходным и ресурсосберегающим технологиям, внедрения «чистых» производств.

Экологизация процесса социально-экономического развития России, направленная на достижение нормативного состояния окружающей среды, предполагает такой принцип функционирования народного хозяйства, региона, отрасли, конкретного производства, при котором рационально используются все компоненты сырья и энергии в цикле «первичное сырье — производство — потребление — вторичные ресурсы», и не нарушается экологическое равновесие. Данная проблема является, таким образом, обобщением более частных проблем использования вторичных ресурсов, отходов и рационального природопользования в целом. В научной литературе отмечается взаимосвязь проблем использования вторичных ресурсов, охраны окружающей среды и создания малоотходных технологий. Однако развернутый анализ соподчиненности и взаимосвязи этих проблем в научной литературе отсутствует.

Проблема экологизации экономики и рационального природопользования заключается в обеспечении социальных и экономических целей, которые ставит перед собой общество на конкретных этапах развития на основе наиболее эффективного использования природных ресурсов, их сохранения для будущих поколений и улучшения условий окружающей среды. Содержание понятия экологически устойчивого развития в широком понимании включает задачи ресурсосбережения, предупреждение отрицательного воздействия на окружающую среду.

Возрастающие масштабы потребления природных ресурсов все более четче обнаруживают несоответствие традиционных технологий современным требованиям по использованию природных ресурсов и вторичного сырья.

Указанное противоречие может быть преодолено путем развития мало- и безотходных технологий и производств. Именно ресурсосбережение и структурная перестройка экономики могут стать тем базисом, стержнем новой экологической политики, направленной на обеспечение стратегии устойчивого развития. В пользу стратегии ресурсосбережения говорит и такой факт, что восстановление нарушенного экологического равновесия в освоенных районах производства требует значительных затрат на рекультивацию земли, восстановление леса, водоемов. На многих предприятиях страны стоимость очистных сооружений достигает 1/3 стоимости основных производственных фондов (являясь при этом их пассивной частью), а в ряде случаев доходит до 40—50%.

Принципы мало- и безотходной технологии можно объяснить на основе факторов, выражающих разные потребности. Согласно этому использование мало- и безотходных технологий требуется в целях постоянного уменьшения потребления важнейших ресурсов — сырья, энергии и окружающей среды. Ресурсосбережение предусматривает повторное использование ресурсов, вторичного сырья и отходов и поэтому в экономическом и экологическом смысле является более выгодным. Например, рециркуляция металлолома и его использование в качестве вторичного сырья позволяют сократить расход первичного сырья, уменьшить расход энергии и снизить выбросы в окружающую среду. Переплавка 1 т алюминия экономит 4 т бокситов и 700 кг кокса. Использование металлолома при производстве основных металлов одновременно снижает расход энергии примерно на 80—90% по сравнению с производством на основе руды. 1 т металлолома позволяет экономить 2 т руды и 2 т кокса. Для получения 1 т металла из недр извлекается свыше 100 т руды, а вместе с каждой тонной угля «производится» 5 т пустой породы и откачивается 3 м³ подземных вод. С учетом того, что ежегодное извлечение горной массы при добыче полезных ископаемых оценивается в 120 млрд т, то более 90% этой массы минеральных веществ в конечном счете превращается после переработки в отходы.

Вовлечение в хозяйственный оборот все возрастающих объемов природных ресурсов при одновременном росте удельных капитальных вложений и текущих затрат на их получение оказывает сдерживающее воздействие на темпы экономического развития. Ресурсосбережение позволяет перейти к использованию интенсивных факторов поддержания экономического роста. При этом объективной необходимостью становится переход к ресурсосберегающему типу воспроизводства, так как на первый план выдвигается задача не увеличения добычи природных ресурсов, а получение все большего объема конечной продукции из единицы перерабатываемого сырья. Таким образом, мало- и безотходные технологии предусматривают повышение степени использования массы исходного продукта как за счет внедрения ресурсосбережения, так и за счет максимального использования отходов.

Оценка эффективности ресурсосбережения должна включать его оценку как метода предупреждения и борьбы с отходами. Так, для устранения 1 т отходов за рубежом расходуется в среднем около 60 долл. Уничтожение 1 т отходов на мусоросжигательных заводах обходится в среднем 8 долл., а их переработка во вторичное сырье на современном мусороперерабатывающем заводе — 9 долл. При этом половина данных затрат компенсируется стоимостью восстановленных вторичных материалов. В условиях России для захоронения 1 т ТБО требуется площадь 3 м². С учетом массы производимых ТБО очевидна роль ресурсосбережения в предупреждении дальнейшего загрязнения окружающей среды и экономии первичных природных ресурсов.

С конца 60-х — начала 70-х годов наблюдается ускорение роста объемов использования отходов во всем мире. Этот процесс обусловлен комплексом факторов, которые можно объединить в три взаимосвязанные группы:

- а) отрицательное влияние отходов на экологическую обстановку;

- б) повышение экономической заинтересованности в переработке вторичного сырья, что обусловлено истощением отдельных месторождений полезных ископаемых и удорожанием первичного природного сырья;

- в) факторы политического характера, связанные со стремлением государств и отдельных регионов повысить свою независимость от импорта сырья.

Среди факторов, оказывающих заметное влияние на использование ресурсосберегающих технологий, следует выделить также имеющиеся в отдельных регионах резервы сырья, возможности экономии энергоресурсов, ограниченность территории для складирования отходов. Так, температура плавки бытового стеклосырья на 200—300 °С ниже, чем при производстве нового стекла, что связано со значительной экономией энергии. Кроме того, внедрение ресурсосберегающих технологий связано с уменьшением затрат на охрану окружающей среды и повышением их эффективности в связи с сокращением добычи первичного сырья, уменьшением объема отходов, а также затрат на возмещение ущерба от загрязнения.

По оценкам немецких экономистов, каждая марка, вложенная в чистые технологии и ресурсосбережение окупается в 2—3 раза. По мнению французских исследователей, экологически чистые технологии обеспечивают в 49% случаев экономию сырья, в 24% случаев — экономию воды, вторичное использование отходов в 26% случаев, экономию энергии — в 22% случаев, а также уменьшение шумового воздействия и вредных запахов — в 3% случаев.

Современные концепции экологической политики основываются на принципе предупреждения, что предполагает принятие технически необходимых, а не технически возможных решений. В докладе Международной комиссии по окружающей среде и развитию «Наше общее будущее» подчеркивается, что движущей силой экономического роста является новая технология, которая открывает потенциальные возможности замедления опасности быстрых темпов эксплуатации ограниченных ресурсов. К примеру, политика энергосбережения позволяет выиграть время, необходимое для выработки «энергоэкономных» направлений развития, основанных на использовании возобновляемых источников энергии. В данном случае энерго- и ресурсосбережение, использование вторичного сырья и отходов является одним из основных путей сбережения ресурсов окружающей среды и служит целям устойчивого развития экономики.

В странах Западной Европы отрасль по переработке отходов и вторичному использованию сырья получила опережающее развитие под влиянием энергетического кризиса 1973—1974 гг. Значительных успехов в решении данной проблемы достигли такие государства, как Швейцария, Италия, ФРГ, Бельгия, Франция, Великобритания, Дания и др. В настоящее время в странах Европейского Союза переработка отходов дает 1,5% ВВП, ими занято более 2 млн человек. Следует отметить, что ФРГ явилась одной из первых стран ЕС, где начиная с 1975 г. действует программа по утилизации отходов. Ее главная задача заключается в извлечении из отходов максимального количества полезных веществ и устранении не утилизируемых остатков, в улучшении условий жизнедеятельности человека и окружающей среды. Программа охватывала такие направления, как сокращение общего объема образования отходов, применение безотходной технологии, повышение коэффициента полезного использования сырья, увеличение срока службы продукции и величины повторно используемых отходов, а также энергетическое использование отходов и их включение в биологический кругооборот веществ. Важнейшим элементом программы явилось требование экологически чистого производства и «чистого» уничтожения отходов. Одновременно был сформулирован вопрос о создании специальной отрасли, которая бы комплексно решала эти задачи, что позволило стране встать на путь экологически ориентированной экономики.

Стратегия Японии в области охраны окружающей среды на различных этапах также имела свои особенности. В 1950—1965 гг. осуществлялись преимущественно меры по борьбе с загрязнением, период 1965—1975 гг. характеризовался осуществлением мероприятий собственно по охране окружающей среды. В 1975—1985 гг. осуществлялся переход к альтернативным источникам сырья и благоустройству среды. В качестве приоритетного направления экологической политики на перспективу здесь рассматривается создание экологически чистых производств на основе ресурсосбережения.

В России в указанный период доминировал подход, основанный на мерах по борьбе с загрязнением «на конце трубы», строительстве высоких труб для рассеивания вредных выбросов в атмосфере, до- оснащении предприятий очистным оборудованием, что не отвечает прогрессивным мировым тенденциям.

Представляет интерес изменение представлений о приоритетах экологической политики в странах ЕС на примере принимаемых здесь программ в области охраны окружающей среды. Так, первая экологическая программа Сообщества (1974—1977) была посвящена вопросам охраны водных ресурсов от загрязнения. Вторая экологическая программа (1978—1983) также была направлена на борьбу с загрязнением (уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу). Начиная с 1984 г. происходит переориентация экологической политики с мер по борьбе с загрязнением на предотвращение загрязнения (третья экологическая программа 1984—1986 гг.). В дальнейшем (четвертая экологическая программа 1987—1992 гг.) упор делается на интеграцию природоохранной политики в экономику, технологию, образование и т. п. И уже после конференции ООН в Рио-де-Жанейро принята пятая экологическая программа ЕС (1993—1997), цель которой состоит в переходе на принципы устойчивого развития экономики.

Обобщая опыт Германии и других стран в этой области, ЕС разработал направления развития чистых технологий, которые предусматривают:

1. снижение загрязнения окружающей среды;
2. сокращение объема отходов;
3. сокращение потребления природных ресурсов.

Анализ мировой хозяйственной практики показывает, что позитивные результаты в оздоровлении окружающей среды в последние годы получены не столько за счет ограничения производства или потребления и лучшей очистки выбросов, сколько вследствие применения новых природосберегающих технологий. Таким образом, в основу стратегии природоохранной деятельности положена стратегия выгоды предотвращения загрязнения, а не борьбы с ним. Речь идет о снижении доли природо-, энергоемких и загрязняющих производств и увеличении доли ресурсосберегающих и безотходных технологий в общем объеме производства.

Выявившиеся в последние годы тенденции к истощению традиционной ресурсной базы, повышению фондоемкости добычи сырья, ограничению единичных мощностей производств экологическими факторами показали необходимость перехода к принципам ресурсосбережения и разработки механизма его реализации в условиях становления рыночных отношений. При этом главный резерв ресурсосбережения заключается не только в экономии ресурсов, а и в удовлетворении реальных общественных потребностей их меньшим количеством. Тем самым обеспечивается снижение нагрузки на окружающую среду путем сокращения объема ресурсов, вовлекаемых в хозяйственный оборот.

Следует учитывать, что современные отечественные технологии и оборудование по ряду показателей уступает аналогам, действующим в зарубежных странах, в частности, по площади территории на единицу выпускаемой продукции в 2 раза, по металлоемкости в 1,5—2 раза, по эксплуатационной энергоемкости — в 1,25 раза. В то же время за счет повышения качества и технического уровня производства в промышленности ресурсосбережение может обеспечить экономию 15—20% потребления энергии и металла.

Экономное расходование ресурсов является тем самым важнейшим условием устойчивого развития, что достигается, с одной стороны, сокращением потерь природных ресурсов на всех этапах (добыча, транспортировка, хранение и использование полученных продуктов), а с другой — максимальным вовлечением в хозяйственный оборот отходов производства и потребления. Экономия энергоресурсов, к примеру, могут обеспечить две основные составляющие: экономия за счет совершенствования структуры производства и прямая экономия, полученная непосредственно на предприятиях за счет внедрения прогрессивных технологий. Структурная перестройка экономики в ряде стран, в том числе — и в России, уже оказывает воздействие на экономию первичного сырья, а также на улучшение связанного с этими процессами состояния окружающей среды. Например, в США при общем росте объема промышленного производства практически не растут объемы производства в таких энергоемких отраслях, как металлургическая, химическая и нефтехимическая, целлюлозно-бумажная промышленность и промышленность строительных материалов. Снижение объемов производства ряда энергоемких продуктов позволило отказаться от неэффективных производственных мощностей. В результате удельное потребление энергии в черной металлургии снизилось на 20%, в производстве алюминия — на 22, меди — на 30, цемента — на 15, целлюлозно-бумажной промышленности — на 16%.

За счет совершенствования структуры производства, внедрения энергосберегающей техники и технологии предполагается получить значительную экономию энергоресурсов в народном хозяйстве. В нефтехимической промышленности России за счет реконструкции и технического перевооружения — увеличить глубину переработки нефти до 74% против 63,5% в 1990 г. Предусмотрено также опережающее развитие мощностей по сбору и утилизации различных видов вторичного сырья, а также внедрение прогрессивных технологий их переработки. На этой основе уровень использования по отдельным видам отходов может быть доведен до 95—100% от их ресурса. В частности, предполагается довести к 2005 г. объем использования стеклобоя, изношенных шин, вторичного полимерного сырья до 90%, а макулатуры — до 98% годовых ресурсов.

В целях устойчивого развития и с учетом обострившихся в последние годы проблем обеспечения производства сырьевыми и топливно-энергетическими ресурсами, практический интерес представляют исследования и разработки в области биотехнологии. Это охватывает такие направления как использование биотехнологий для: улучшения состояния окружающей среды путем развития экологически чистых ресурсо- и энергосберегающих технологий, разработки методов переработки и нейтрализации отходов и вредных выбросов, очистки загрязненных стоков, а также технологий по использованию биологических процессов в промышленности для получения новых сырьевых и энергоресурсов, повышения использования вторичных ресурсов, переработки отходов и их обезвреживания.

По имеющимся оценкам, рынок продуктов, изготовленных в развитых странах при помощи биотехнологий, составил к 2000 г. 142,5 млрд долл. и возрос по сравнению с 1985 г. в 38 раз. При этом более половины всей продукции (52,5%), произведенной с помощью биотехнологий, получено к 2000 г. для производства энергии, восстановления потребительских свойств сырья и улучшения состояния окружающей среды.

Поскольку многие биотехнологические процессы осуществляются в естественных условиях, это обеспечивает значительную экономию энергии и других затрат. В результате их применения образуется меньше побочных продуктов и отходов, что делает производство более эффективным и благоприятным для окружающей среды. В США, к примеру, осуществляется реализация программы «Предотвращение загрязнения выгодно», суть которой сводится к использованию чистых технологических процессов. В Японии внедрение безотходных процессов усилило конкурентоспособность национальной промышленной продукции на мировом рынке.

Внедрение безотходных производств, «чистых» технологий, дальнейшее совершенствование оборудования для предупреждения загрязнения окружающей среды позволяют одновременно существенно снизить природоохранные издержки. Стремление ряда государств, в том числе и России, обеспечить оздоровление окружающей среды на основе сокращения уровня отходов и их рециркуляции — это не просто технические и технологические вопросы, а основополагающие элементы стратегии устойчивого развития.

В некоторых секторах экономики общепринятой практикой является использование отходов не только с целью их применения в качестве источника сырья или энергии в процессе, где эти отходы были получены первоначально. Во многих странах крупные промышленные комплексы создавались по каскадному принципу, в соответствии с которым отходы, образующиеся на одном промышленном предприятии, превращались в сырье для другого предприятия. Обмен отходами на национальном и международном уровнях с целью их передачи из одного промышленного сектора в другой также является эффективным вариантом решения проблемы, особенно в тех случаях, когда ощущается нехватка сырья. Перспективы дальнейшего расширения использования и рециркуляции отходов представляются вполне реальными, если такие проекты экономически и экологически обоснованы.

В настоящее время ресурсосберегающий принцип природопользования является основой дальнейшего развития народного хозяйства страны. Он нашел свое отражение в ходе реализации государственной программы «Отходы», которая направлена на использование технологий, оборудования и инженерных решений, сводящих к минимуму или исключаящих вредное воздействие результатов хозяйственной деятельности на природу. Ее цель — создание благоприятных условий окружающей среды за счет перехода к мало- и безотходным технологиям, комплексному использованию природного сырья.

Отсутствие до последнего времени действенных экономических оценок природного фактора на практике приводит к тому, что при выборе технологической схемы переработки сырья и отходов преимущество получают более дешевые, но природоемкие структуры производства. Объясняется это тем, что затраты на формирование производственных структур, функционирование которых предусматривается на основе мало- и безотходной технологии, как правило выше, чем при традиционной технологии, связанной с возрастанием нагрузки на окружающую среду. Ведь экологический фактор, являясь внешним по отношению к производству, экономической оценки не получает. Речь идет о разработке критериев и уровней экологичности производства в виде системы соответствующих показателей.

Применение показателей ресурсо-, водоемкости, использование территории на единицу выпускаемой продукции и других аналогичных характеристик экологизации производства хотя и позволяет в определенной мере оценить степень интенсификации вовлечения природных и сырьевых ресурсов на основе соответствующих технологий, все же не дает ответа об уровне экологической чистоты производства. Использование этих групп показателей наряду с показателями ущерба от загрязнения окружающей среды и нерационального природопользования приводит на практике к противоречивым выводам из-за многокритериальности экологических и экономических оценок технологий. В этих условиях определение единого сопоставимого критерия экологизации производства представляется необходимой предпосылкой совершенствования процесса управления охраной окружающей среды и обеспечения устойчивого развития.

В качестве такого критерия может быть принят уровень безотходности производства, находящийся в тесной взаимосвязи и зависимости от масштабов потребления ресурсов окружающей среды и массой размещаемых в ней отходов. Таким образом, оценка уровня безотходности может основываться на показателях, характеризующих степень замкнутости материально-сырьевых потоков на «входе» и

«выходе» производства по отношению к окружающей среде. Определение данных показателей в натурально-вещественном исчислении позволяет дать более достоверную, не подверженную влиянию цен и структурных сдвигов, оценку уровня безотходности производства.

Степень замкнутости производства по отношению к окружающей среде может определяться как отношение массы произведенной продукции к израсходованной на ее получение массе материально-сырьевых ресурсов. При этом в произведенную продукцию целесообразно включать не только основной и побочный продукт, но и продукцию, изготовленную на данном предприятии из утилизируемых отходов, а также массу отходов, реализуемых на сторону.

Уровень безотходности может оцениваться на основе показателя замкнутости, скорректированного на коэффициент экологичности, что дает возможность определить степень сбалансированности материально-сырьевых потоков на «входе» и «выходе» производства с учетом уровня его экологической безопасности.

В зависимости от специфики технологического процесса по переработке вторичного сырья и использованию отходов уровень безотходности производства целесообразно оценивать с учетом показателей водо-, энергоемкости технологических процессов и др.

В целях устойчивого развития важно повышение уровня безотходности не отдельно взятого предприятия, а комплекса производств или региона в целом. Поэтому необходимо их ранжировать в порядке занимаемого среди однотипных производств места по уровню безотходности и экологичности по сравнению с прогрессивным отечественным или зарубежным аналогом. Методически это достигается путем фиксации уровня безотходности с помощью системы натуральных показателей по отношению к объекту-аналогу. Это позволяет ранжировать технологии по уровням их экологической предпочтительности и экологической опасности:

- технологии, соответствующие прогрессивным техническим решениям;
- технологии, не полностью отвечающие прогрессивным техническим решениям, однако в результате их модернизации может быть достигнут требуемый уровень безотходности и экологичности;
- технологии, не отвечающие предъявляемым требованиям, подлежащие выводу из производства и ликвидации.

Данный подход к ранжированию предприятий и производств по степени их экологичности и безотходности может быть использован для целей структурных преобразований в экономике.

Для стимулирования ресурсосбережения необходимо:

- установить стандарты (нормативы) на потребление топливно-энергетических и других материальных ресурсов на единицу продукции по предприятиям на уровне лучших мировых достижений;
- ввести плату за сверхнормативное потребление указанных ресурсов;
- образовать федеральные и региональные фонды ресурсосбережения.

Источником средств указанных фондов являются плата за сверхнормативное потребление материальных ресурсов и иные поступления. Средства фондов следует целенаправленно использовать для осуществления мероприятий по ресурсосбережению, а также частичного погашения процента за кредит по предприятиям, внедряющим ресурсосберегающую технологию. Предлагаемая плата за сверхнормативное потребление материальных ресурсов с экономической точки зрения оправдана. Уменьшая потребление сырья на единицу продукции, мы тем самым сокращаем количество вводимых в эксплуатацию природных ресурсов, вытесняя из народнохозяйственного баланса худшие из них. В результате этого добытая среднеотраслевая единица сырья становится дешевле, что обосновывает данную экономическую меру.

Количество вовлекаемых в эксплуатацию природных ресурсов для удовлетворения национальной потребности в них в упрощенном виде определяется исходя из выражений:

Из приведенных выражений следует, что чем меньше отходов производства и потребления, тем в меньшем количестве мы вовлекаем в эксплуатацию природные ресурсы. Кроме того, при уменьшении потребления материальных ресурсов, сокращается ущерб от загрязнения окружающей среды, что усиливает необходимость осуществления такой платы.

Кроме рассмотренных выше инструментов экологического регулирования могут применяться и другие, такие как:

- государственные субсидии на осуществление крупных и особо значимых и ресурсосберегающих мероприятий;
- налоговые льготы на определенный срок при внедрении новых ресурсосберегающих технологий;
- включение в конкурсные и лицензионные условия на освоение природных ресурсов экономически обоснованные мероприятия по ресурсосбережению и использованию отходов;
- оказание поддержки малому предпринимательству, специализирующемуся на разработке и внедрении новых ресурсосберегающих технологий.

В Экологической доктрине Российской Федерации (2002) сформулированы основные направления по снижению загрязнения окружающей среды и ресурсосбережению.

Основными задачами являются снижение загрязнения окружающей среды выбросами, сбросами и отходами, а также опережающее снижение энерго- и материалоемкости продукции и услуг по сравнению с ростом их производства. Для этого необходимо:

- введение ответственности производителя за произведенный продукт в течение всего цикла его существования от получения сырья и производства до утилизации;
- стимулирование ресурсосберегающих и безотходных технологий, использование вторичных ресурсов, в том числе переработки накопившихся отходов;
- поддержка производства товаров, рассчитанных на максимально длительное использование;
- рациональное использование водных ресурсов, сокращение удельного водопотребления в производстве и жилищно-коммунальном хозяйстве;
- технологическое перевооружение или постепенный вывод из эксплуатации предприятий с устаревшим оборудованием, оснащение предприятий современным природоохранным оборудованием;
- поддержка экологически безопасного производства энергии, включая использование возобновимых источников и вторичного сырья;
- снижение потерь энергии при транспортировке, в том числе за счет децентрализации производства энергии и энергоснабжения мелких потребителей;
- модернизация и развитие технологий, обеспечивающих снижение негативного влияния транспортно-коммуникационных комплексов на состояние среды проживания населения;
- развитие экологически ориентированных и энергоэффективных технологий и др.

Лекция 3. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ.

Методические подходы к экологической оценке строительных материалов, согласно стандартам ИСО-14000, могут быть различными, но при этом обязательно анализируются связанные с ними нагрузки на окружающую среду по жизненному циклу материала. Наиболее типичные этапы «жизни» (жизненная история) строительных материалов и возможности ее продления представлены схематически на *рис. 3.1*.

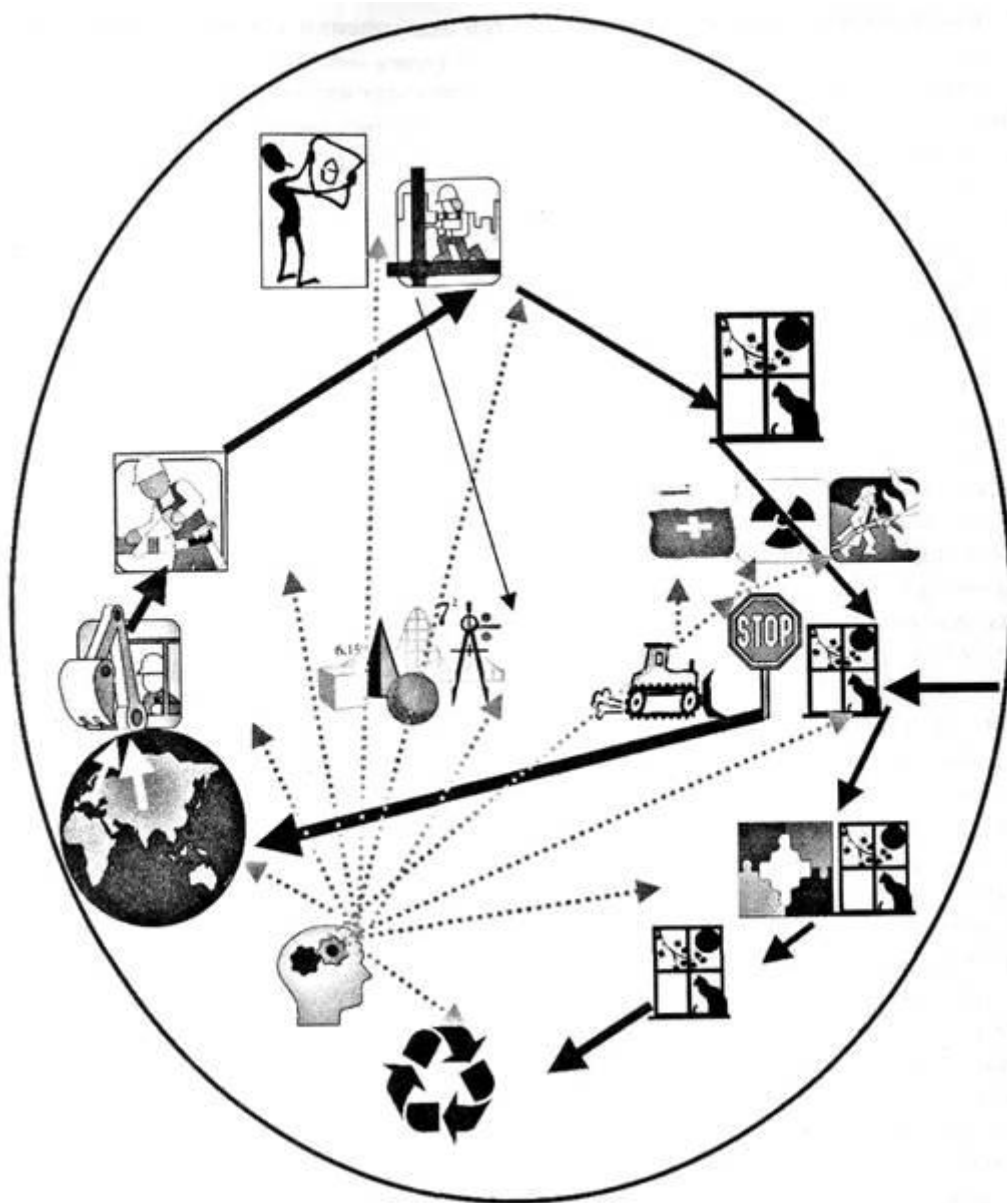


Рис. 3.1. Типичная схема жизненного цикла строительных материалов

При экологической оценке ЖЦ учитывается влияние не только самого материала, но и процессов, сопровождающих его по жизненному циклу — от добычи сырья для его изготовления, до уничтожения, захоронения или, что более предпочтительно, повторного его использования для изготовления новых материалов. Это позволяет «замкнуть» жизненный цикл материала и решить экологические задачи — сократить количество отходов и обеспечить ресурсосбережение. Экологическая безопасность материалов

рассматривается и оценивается не по принципу «здесь и сейчас», а «везде и всегда». При этом оцениваются не только прямые (явные) негативные воздействия, такие как эмиссия вредных веществ, образование отходов и т.п., но и косвенные эффекты (дефицит сырья, влияние на здоровье человека, ухудшение качества окружающей среды, нагрузки при перевозке материалов и т.д.).

Для обеспечения объективности результатов анализа рассматриваются взаимосвязанные параметры «свойства материала — качество среды».

Оценка экологических эффектов взаимодействия строительных материалов с окружающей средой базируется на комплексе независимых методов:

- сопоставительный анализ (экспертный анализ, метод рассуждений) базируется на имеющейся научной информации, ее анализе и последующих логических рассуждениях. Анализ дает относительную оценку нагрузок на человека и окружающую среду и позволяет расположить сравниваемые материалы в порядке экологического предпочтения, классифицировать их по экологическому качеству. Результатом являются карты экологического выбора строительных материалов, которыми может пользоваться потребитель;

- системный анализ (метод «черного ящика») заключается в анализе и математической оценке всех входящих и выходящих потоков. Используется для расчета «экобаланса», воздействий материала на среду и оценки последствий

этих влияний;

- метод графов (ориентированные графы для решения многокомпонентных эколого-экономических задач) позволяет оценить прямые и обратные связи: «качество строительства—качество среды»;

- квалитетрический метод используется для оценки интегрального качества материала.

Обычно методика экологической оценки строительного материала по его жизненному циклу состоит из следующих основных частей:

- разработка и описание жизненного цикла продукта (инвентаризационный анализ);
- оценка воздействий, возникающих на протяжении жизненного цикла (оценка воздействий);
- анализ, направленный на совершенствование качества продукта (оптимизационный анализ);
- анализ, направленный на экологическую классификацию продукции и обоснованный выбор материалов для использования в строительстве (классификационный анализ).

Экологическая оценка нагрузок строительных материалов на окружающую среду должна проводиться по пяти составляющим биосферы: атмосфере, гидросфере, литосфере (почве, сырью), энергии и биотическим компонентам (включая человека). При экологической оценке материалов, в первую очередь, необходимо учитывать негативные воздействия, приводящие к обострению глобальных экологических проблем, таких как парниковый эффект, повреждение озонового слоя, загрязнение почв, истощение ресурсов и т.д.

К негативным экологическим эффектам по жизненному циклу материала относят: истощение ресурсов; загрязнение атмосферы; загрязнение водной среды; уничтожение почвенного покрова; изменение ландшафта; возникновение техногенных ландшафтов; опасное шумовое загрязнение; образование отходов; нарушение природного равновесия в экосистеме; уничтожение, деградация, угнетение растительности; ликвидация мест гнездовий птиц; распугивание животных, нарушение путей их миграции; изменение гидрогеологического режима; изменение напряженного состояния пластов Земли и пр. прямые и косвенные эффекты.

При оценке ЖЦМ обязательно учитывается также комплекс нагрузок на окружающую среду и человека за счет транспортировки материала. Предпочтение отдается местным строительным материалам, произведенным в непосредственной близости от добычи сырья, и т.п.

Принципиальная схема оценки экологических эффектов по жизненному циклу материала включает анализ следующих его этапов:

- добыча сырья;
- изготовление материалов и изделий;
- этап строительства (применение материала);

эксплуатация («жизнь» материала в объекте, необходимость ухода за ним для поддержания его качества, совместимость с материалами, которые используются для продления этапа эксплуатации - ремонта, реставрации, реконструкции);

уничтожение или повторное использование (при замене материала, сносе здания, сооружения).

Пример аналитической схемы оценки нагрузок на окружающую среду по жизненному циклу материала приведен в *табл. 3.1*.

Аналитическая схема оценки нагрузок на окружающую среду по жизненному циклу строительного материала (СМ)

Этап жизненного цикла СМ	Экологические эффекты	Стратегические экологические мероприятия по снижению нагрузок на окружающую среду
Добыча сырья	Исчерпание ресурсов (материальных, энергетических, природных) Нарушение ландшафта Повреждение экосистем (загрязнение воздуха, воды, почвы, выделение опасных выбросов и т.д.)	Избегание ненужного употребления сырья Использование вторичного и возобновляемого сырья Оптимальное использование сырья
Изготовление материала и изделий	Отходы Возможны вредные выбросы в воду, воздух, почву Потребление энергии	Производство качественных, долговечных материалов Сбережение ресурсов Создание материалов полифункционального назначения Снижение количества этапов обработки
Строительство (применение СМ)	Потребление энергии Образование отходов Вредные выбросы Загрязнение окружающей среды	Использование качественных материалов Отказ от использования материалов с органическими растворителями и др. вредных для человека материалов Соответствие долговечности отдельных материалов, деталей, изделий сроку службы всего здания
Эксплуатация («жизнь» СМ в объекте)	Вредные выбросы Влияние на здоровье людей, а также все виды воздействий как и при строительстве, но в меньшей степени	Контроль за состоянием материала Уход за материалом Восстановление его свойств Своевременная замена состарившегося материала
Уничтожение или повторное использование	Образование огромного количества отходов при сносе зданий Загрязнение окружающей среды Нарушение ландшафта и т.д.	Ремонт Реставрация Отказ от свалок Отказ от сжигания Утилизация строительных отходов Сортировка отходов Предпочтение повторному использованию без переработки

Для первого этапа ЖЦМ — добыча сырья — при экологической оценке учитывается его добываемый запас, который определяется на основе технических, экономических и экологических факторов для конкретного региона. Для некоторых видов сырья уже известно, что их запас исчерпывается в короткий (обозримый) срок, если добыча будет

продолжена на настоящем уровне. Процесс добычи сырья во многих случаях приводит к повреждению экосистем, выделению выбросов, учащаются катастрофы при добыче и транспортировке нефти, добыче угля и т.п.

На *рис. 33* показаны экологические последствия открытой разработки полезных ископаемых. При этом, по оценке специалистов, около 25% материалов идет в отходы производства.



Рис. 3.2. Экологические последствия открытой разработки полезных ископаемых

Практически все полезные ископаемые Московской области добываются открытым способом, что приводит к значительному нарушению земель. На месте исчерпанного месторождения остаются карьеры и отвалы пустой породы, создающие своеобразный «лунный» ландшафт. Некоторые карьеры постепенно заполняются водой, в других устраивают свалки. Нарушенные земли по правилам землепользования требуют рекультивации, т.е. восстановления почвенно-растительного покрова. Простейшим способом рекультивации является выравнивание поверхности: засыпка карьеров и разравнивание отвалов. Растительность на такой поверхности может постепенно восстановиться сама. Быстрее всего зарастают песчаные отвалы и карьеры. Глинистые отвалы и карьеры зарастают медленнее и, в основном, сорной травой. Еще хуже восстанавливается растительность на сухих известковых карьерах. Человек может ускорить этот процесс. Для этого перед началом разработки карьера с поверхности земли снимают плодородный слой и складывают его. После отработки карьера его поверхность засыпается, выравнивается, а сверху наносится сохраненный плодородный почвенный слой. Такие восстановленные, рекультивированные земли могут использоваться для лесопосадок, лугов, реже — под пашню. В заполненных водой карьерах можно разводить рыбу либо создавать вокруг них рекреационные зоны.

На этапе производства СМ необходимо анализировать, с какими негативными последствиями для окружающей среды предстоит столкнуться. Значительную экологическую опасность представляют собой предприятия по производству искусственных строительных материалов. Наиболее полную информацию для этого этапа ЖЦМ можно получить из экологического паспорта предприятия, выпускающего данный материал. На этапе производства существует целый ряд серьезных проблем: вредные выбросы в почву, воду, воздух, отходы и использование большого количества энергии. От количества этапов обработки зависит экологическая нагрузка (например, получение пластмасс, металлов, битумов включает много технологических переделов). При производстве минеральных и органических вяжущих, синтетических полимерных материалов выделяются вредные вещества.

Основными источниками загрязнения воздуха считаются цементные, асбестоцементные, известковые, химические производства, предприятия по производству кровельно-изоляционных материалов, керамзитобетонные заводы и др. Эти же предприятия негативно воздействуют на почвы и водоемы.

Значительные негативные воздействия на состояние окружающей среды у нас в стране оказывают заводы по производству цемента. От мельчайшей цементной пыли, оседающей в окрестностях этих предприятий, гибнет растительность, разрушается почвенная экосистема, болеют легочными заболеваниями люди и животные.

Эмиссия вредных веществ и выбросы при производстве строительных материалов представлены в *табл. 3.5*.

Таблица **3.2**
Эмиссия вредных веществ в процессе получения строительных материалов (СМ)

Вид СМ (получение)	Вид загрязнителя в выбросах	Вид опасности и категория вредности
Сталь (переработка чугуна в сталь)	Сернистый газ (12,7 кг на т переработанного чугуна) Пылевидные частицы (14,5 кг на т переработанного чугуна)	Кислотные дожди Нарушение озонового слоя Ядовитые газы и др. вещества (цианистый водород, соединения фтора и фторводород, соединения мышьяка, фосфора, сурьмы, свинца, пары ртути и редких металлов, смолы)
Алюминий; эмали; стекла; керамика	Шлаки, пыль, газы	Кислотные дожди Нарушение озонового слоя Токсичные соединения фтора (фторводород, фторид натрия, кальция и др. в пыли)
Синтетические полимерные СМ (пиролиз на	Газы, пары углеводородов, соли, кислоты Возможно	Парниковый эффект Нарушение озонового слоя Токсичные и канцерогенные вещества

нефтеперерабатывающих, нефтехимических и др. хозяйственных предприятий)	образование вторичных загрязнителей за счет фотохимических реакций	(ароматические углеводороды, перекисные соединения, свободные радикалы, соединения углеводородов с оксидами азота и серы)
---	--	---

По степени опасности для окружающей среды предприятия промышленности строительных материалов можно разделить на пять классов:

I (наиболее опасные) — крупные цементные заводы, заводы по производству других вяжущих веществ (обжиг в печах магнезита, доломита и др.);

II — предприятия по производству гипса, асбеста, извести, асфальтобетона, древесностружечных и древесноволокнистых плит на полимерных смолах;

III — предприятия по выпуску асбестоцементных, бетонных и железобетонных изделий, материалов из отходов ТЭС;

IV — предприятия по производству полимерных материалов, фаянсовых и фарфоровых изделий, керамического и силикатного кирпича;

V — предприятия по добыче и обработке камня, камышита, фибролита, столярных изделий, паркета и др.

В зависимости от класса опасности предприятий для них устанавливаются следующие размеры санитарно-защитных зон (в метрах): класс I — 1 000, II — 500, III — 300, IV — 100 и класс V — 50. Размеры санитарно-защитных зон даны ориентировочно и могут быть уменьшены для предприятий, применяющих более совершенные технологии.

На этапе строительства важно предварительно определить срок пригодности различных материалов, строительных элементов и всего здания, а также оценить долговечность материала. Высокий показатель долговечности означает, что материал долго сохраняет все свои свойства и имеет больший срок использования до ремонта или замены изделия. Благодаря продлению периода использования материала нагрузка на окружающую среду на этот период уменьшается. Важно, чтобы долговечность материалов отдельных строительных узлов всегда соответствовала жизненному сроку всего здания. При экологической оценке материала на данном этапе учитывается количество отходов и возможность выброса в окружающую среду вредных веществ при производстве строительных работ. Акцент при оценке отделочной продукции делается на анализ влияния материала на здоровье человека. По результатам экологической оценки нежелательными к использованию могут стать даже материалы, прошедшие гигиеническую сертификацию. Критерием для отбраковки является наличие в их составе вредных для здоровья веществ. Целесообразно избегать применения таких материалов в жилых и общественных зданиях. Под ограничение к использованию попадают древесностружечные материалы на фенолоформальдегидном связующем; материалы, в которых в качестве вяжущего применен фосфогипс, клеи и краски на органических

растворителях; материалы, содержащие ПВХ (PVC) и т.д. Отказ от использования может быть основан на показателях, характеризующих качество внутренней среды в здании (эмиссия из них вредных веществ в воздух помещений, влажность, шум и т.д.).

На этапе эксплуатации экологическая нагрузка в большой мере определена выбором, сделанным на предыдущих этапах, и здесь дополнительно необходимо определить эксплуатационные затраты на уход за материалом для сохранения его свойств.

У нас в стране пока не внедрена система экологической оценки строительных материалов по их жизненному циклу, поэтому актуальным остается тщательное экологическое исследование и оценка безопасности всех строительных материалов, могущих содержать в своем составе вещества, опасные для здоровья. Часто эта проблема незаслуженно остается вне поля зрения не только специалистов в области жилищного строительства, но даже экологов.

В рамках строительного комплекса остаются практически не решенными проблемы, связанные с использованием материалов, содержащих опасные для здоровья человека вещества в новом строительстве, реконструкции и реставрации. Иногда оказывается, что среди широко используемых в строительстве материалов имеются и опасные. Примером может служить асбест, некоторые изделия из него, многие синтетические смолы, применяемые при производстве древесностружечных и древесноволокнистых плит. К особо опасным веществам относятся стирол, применяемый при изготовлении различных пластмассовых изделий и пенопластов, а также хлористый винил, используемый для получения полимера поливинилхлорида (ПВХ), различных материалов на его основе — линолеума ПВХ, пленок, обоев, плитки и др. Уместно в этой связи напомнить, что ПДК для стирола составляет $0,003 \text{ мг/м}^3$ (максимально разовая и среднесуточная). Для сравнения: ПДК для сернистого газа — $0,5 \text{ мг/м}^3$ (максимально разовая) и $0,05 \text{ мг/м}^3$ (среднесуточная). Для формальдегида ПДК принимается, соответственно, $0,035$ и $0,012 \text{ мг/м}^3$.

А между тем воздух помещений, где человек проводит большую часть времени, в 10 раз грязнее наружного воздуха, даже взятого вблизи химических заводов.

Чтобы показать, насколько необходимой и важной является проблема экологического контроля жилой среды, приведем пример. В 1988 году в Сургутском районе Тюменской области при анализе воздуха квартир, собранных из панелей Пермского домостроительного комбината, было обнаружено: превышение ПДК по фенолу в 40 раз, по аммиаку — в 60, по формальдегиду — в 400 раз! Выявлено это было случайно во время приемки одного из домов в эксплуатацию. А между тем уже сотни таких домов были заселены, а на их строительство были затрачены огромные средства.

Как выяснилось позднее, Пермский домостроительный комбинат, стремясь удешевить строительство жилья, заменил минеральную вату, обычно применяемую в качестве утеплителя, на пенопласт. Но пенопласт дает во много раз больше токсичных испарений, чем минеральная вата. Кроме того, на комбинате было введено еще одно новшество. В деревянных панелях фанера заменялась древесностружечной плитой. Не было принято во

внимание, что эта плита в сотни раз более проницаема для испарений, чем фанера. К тому же древесностружечные плиты склеивались смолами, выделяющими собственные токсиканты.

Отсутствие строгого экологического контроля в жилищном строительстве — пробел, который требует срочного восполнения.

Достаточно сказать, что до сих пор не созданы системы экологического контроля (мониторинга) жилой среды. Наблюдение за ее состоянием должно быть организовано на уровне и городов, и отдельных территорий.

На последнем этапе жизни материала встает вопрос об оценке возможности его использования повторно без значительной дополнительной переработки (например, повторное использование деревянных дверей, деревянных оконных рам и т.п.). Поэтому критерием для экологической оценки материала становится возможность его реставрации, ремонтпригодность. Посредством реставрации или бережного ухода за конструкциями и материалами можно удлинить срок их пригодности. В этом случае количество строительных отходов может быть сокращено. В связи с возможностью повторного использования очень важно, чтобы материалы хорошо сортировались и очищались. Если отходы после сноса здания попадут в окружающую среду (свалки и т.п.), экологическая нагрузка определяется сочетанием их вредности и разлагаемости в природной среде. При хорошей биоразлагаемости отходы недолго занимают место и практически не оказывают вредного воздействия и на окружающую среду, и на человека.

Таким образом, методом логических рассуждений с использованием аналитической схемы оценки нагрузок на окружающую среду по жизненному циклу (см. табл. 3.4) можно дать качественную экологическую оценку любому строительному материалу. Данная схема позволяет прогнозировать наиболее существенные риски на каждом этапе жизненного цикла материала — от добычи сырья до уничтожения материала.

За рубежом оценочные показатели присваиваются материалу по следующим экологическим факторам: повреждение экосистем, дефицитность сырья (дефицит), эмиссия вредных веществ в окружающую среду (выбросы), затраты энергии (потребление энергии), здоровье человека и «экологическое здоровье» (здоровье), а также положение с отходами (отходы). На схеме (рис. 3.3) приведена система этих показателей для комплексной экологической оценки строительных материалов.



Рис. 3.3. Система показателей для комплексной экологической оценки строительных материалов

Перечисленные экофакторы являются показателями экологического качества материала или, другими словами, являются показателями экологических свойств материала. Ниже приведены смысловые значения перечисленных показателей, широко используемые сегодня в мировой практике экологической оценки строительных материалов в рамках стандартов ИСО-14000.

Повреждение экосистем. Экосистемой считается сочетание живых (растения и животные) и неживых компонентов (факторов), таких как почва, воздух, вода, климат и др. на ограниченной территории. Под повреждением имеется в виду нарушение равновесие в экосистеме и снижение качества среды. При этом учитывается как повреждение экологических ценностей, так и эстетических ценностей экосистемы. Нарушение динамического равновесия может длиться десятки или сотни лет до того, как на этой территории восстановится новое равновесие.

Дефицит. С экологической точки зрения дефицит означает, что изъятие ресурса опережает его восполнение природной средой. Запас многих сортов сырья конечен. Это относится к сырью как минерального, так и органического происхождения. Сегодня уже прослеживается дефицит качественных каменных материалов, нефти, угля, газа и т.д. Это невозобновляемые (исчерпаемые) ресурсы. Дерево, лен, пробка и т.п. — возобновляемое

(обновляемое) сырье. Скорость круговорота для него находится на сравнимом уровне со скоростью потребления. При настоящих высоких темпах потребления сырья скорость круговорота не должна превышать 100 лет.

Выбросы. Речь идет о выбросах твердых, жидких и газообразных вредных веществ в почву, воду или воздух в течение жизненного цикла материала.

Особенно опасными считаются выбросы, приводящие к глобальным экологическим проблемам: повреждению озонового слоя, возникновению парникового эффекта, выпадению кислотных дождей. Это возможно из-за выделения хлор-, фторуглеводородов при производстве полимерных материалов и т.п.; выбросов углекислого газа (CO_2); сернистого газа (SO_2). Этим проблемам мировое сообщество уделяет особое внимание, и они учитываются в первую очередь. Например, в Датском проекте по управлению окружающей средой в строительном проектировании были собраны данные о влиянии на окружающую среду множества строительных материалов. Фрагмент информационной базы данных по выбросам в границах ЖЦ конструкционных материалов представлен в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Экологическая оценка показателей выбросов используемых в строительстве конструкционных материалов

Конструкция	Строительный материал	Экофактор — выбросы по показателям	
		CO_2 — экв., г/м ²	SO_2 — экв., г/м ²
Покрытия/ полы	Бетон	1608	6,26
	Деревянные балки	816	4,61
	Деревянные балки; бетонные соединения	821	4,86
	Сборные деревянные элементы	853	3,78
Плоские крыши	Бетон	1530	8,17
	Бетон; битумные материалы	2 171	9,73
	Деревянные балки; битумные материалы:	1059	6,61
	Деревянные балки; ПВХ	1266	6,86

Наружные стены	Кирпич; фиброцемент	1471	6,29
	Песчаник известняковый	841	2,89
	Ячеистый бетон	940	3,18
	Деревянные стойки; обшивка деревом	574	3,10
	Деревянные стойки; фиброцемент	719	3,46

Использование при оценке негативных воздействий СМ по ЖЦ количественных характеристик, приведенных в *табл. 3.5*, повышает объективность экологической оценки материалов и позволяет обосновать их выбор согласно требованиям по защите окружающей среды.

Перечень вредных веществ, выделяющихся из строительных материалов, по данным НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина РАМН, приведен в *табл. 3.4*.

Таблица 3.4

Перечень вредных веществ, выделяющихся из строительных материалов

Вещества	Класс опасности	СМ — источник поступления в воздух помещений опасных веществ
ацетон	4	Лаки, краски, клеи, шпатлевки, мастики, смазка для бетонных форм, пластификаторы для бетона
бутилацетат	4	Лаки, краски, мастики, шпатлевки, смазки для бетонных форм
бутанол	4	Мастики, клеи, смазки, линолеумы, лаки, краски
бензол	2	Мастики, клеи, герлен, линолеумы, цемент и бетон с добавлением отходов, смазка для бетонных форм
ксилолы	3	Линолеумы, клеи, «герлен», шпатлевки, мастики, лаки, краски, смазки
пропилбензол	1	Клей АДМК, линолеум ЛТЗ-33, мастика ВСК, мастика 51-Г-18, шпатлевка «Стойдеталь»
никель	2	Цемент, бетон, шпатлевка и другие материалы с добавлением промышленных отходов

кобальт	1	Красители и строительные материалы с добавлением промышленных отходов
формальдегид	2	ДСП, ПВП, ФРП, мастики, герлен, пластификаторы, шпатлевка, смазки для бетонных форм и др.
фенол	2	ДСП, ФРП, герлен, линолеумы на синтетической основе, мастики, шпатлевка
этилбензол	3	Шпатлевки, мастики, линолеумы на синтетической основе, краски, клеи, смазки для форм, пластификаторы, цемент, бетон с отходами
хром	1	Цемент, бетон, шпатлевки и др. материалы с добавлением промышленных отходов
стирол	2	Теплоизоляционные материалы, отделочные материалы на основе полистирола
этилацетат	4	Лаки, краски, клеи, мастики и др. материалы
толуол	3	Лаки, краски, клеи, шпатлевки, мастики, линолеумы на синтетической основе и др. отделочные материалы
винилхлорид	1	Линолеумы, плитки, пленки и другие материалы на его основе

Об опасности этих веществ можно судить по их бальной оценке — классу опасности. Для большинства из них, несмотря на низкий класс, возможны опасные последствия для здоровья людей. Последствия влияния опасных химических веществ, содержащихся в материале, трудно прогнозируются, так как недостаточно изучено их воздействие на различные возрастные группы, их синергический эффект и др. О конкретном вреде для человека некоторых из них можно судить по нижеприведенным данным об их отрицательных свойствах.

На сегодняшний день известно, что контакт человека с феноло-, мочевино-, меламиноформальдегидными, эпоксидными, полиэфирными смолами, полиамидами, поливинилхлоридом, каучуками и клеями различного состава может быть причиной аллергических дерматитов.

Аллергенными свойствами обладают выделяющиеся из полимерных материалов акрилонитрил, ароматические амины (например, неозон Д), бензол, толуол, ксилолы, гексаметилендиамин, ацетон, резорцин, каптакс, фталаты, кумарон, малеиновый ангидрид, пиридин.

Ряд ингредиентов полимерных материалов, например, фталевый ангидрид, гидроперекиси, стирол, влияют на функции половых желез (гонадотропное действие).

Известны тератогенные и эмбриотоксичные свойства бензола, фенола и его производных, формальдегида.

К числу химических мутагенов относят этилен- и пропиленоксиддиметилформамид, фенол, формальдегид, эпихлоргидрин, этиленгликоль, гидроперекись изопропилбензола.

Из химических веществ, входящих в состав полимерных материалов, канцерогенными свойствами обладают, например, полициклические углеводороды (3,4-бензопирен), органические перекиси.

Информацию о содержании этих веществ можно получить из данных результатов химического анализа, всегда представляемых в гигиеническом сертификате на материал.

На приведенных примерах видны негативные влияния этих веществ на человека, которые необходимо обязательно учитывать уже на стадии выбора материала, стараясь избегать использования тех из них, которые опасны для здоровья.

В Приложении III .1 данного пособия приведено описание санитарно-химических показателей (СХП) свойств полимеров, наиболее широко применяемых в строительстве*. Некоторые из них нашли применение в медицине и пищевой промышленности, их воздействие на человека хорошо изучено, и это может быть косвенной характеристикой их безопасности и причиной их предпочтения в строительстве и реставрации.

К категории чрезвычайно опасных воздействий на здоровье людей отнесены выбросы при катастрофах (аварии при перевозке нефти, пожары и т.д.). Это случается нечасто, но последствия для человека и окружающей среды могут быть чрезвычайными. Поэтому, даже если возможность катастрофы минимальна, ее следует учитывать при выборе материала.

Потребление энергии учитывается на всех стадиях жизненного цикла материала. Оно означает, с одной стороны, расход дефицитного сырья, а с другой — выброс вредных веществ, например, углекислого газа («парниковый эффект»), оксидов азота (сильнейшие окислители, которые приводят к образованию смога), сернистого газа (является причиной кислотных дождей) и т.д. Первичные энергозатраты для наиболее часто используемых строительных материалов приведены в *табл. 3.5*. Уже этих данных достаточно для экологического анализа материала по данному оценочному критерию.

Таблица 3.5

Пример первичных энергозатрат для наиболее часто используемых строительных материалов и их экологическое сопоставление

Вид материала	Первичные энергозатраты на добычу и получение материала, кВт * ч/м ³
---------------	---

Алюминий	7 250
Полистирол	18 900
Минеральная вата	10 000
Цемент	1700
Древесноволокнистые плиты	800
Кирпич керамический	500
Газобетон	450
Известково-песчаный раствор	350
Древесные СМ	180
Природные растительные (из тростника, соломы, льна и др.)	9

Здоровье. Влияние материалов на человека и окружающую его среду оценивается по интегральному показателю «здоровье». Воздействие строительного материала на здоровье человека анализируется для каждого этапа жизненного цикла материала.

Негативное воздействие может иметь место:

- при добыче сырья (например, пыль вызывает всевозможные заболевания: аллергию, астму, силикоз легких у рабочих);
- при производстве (в результате технологических процессов, возможных аварий и др.);
- при строительстве (влияние растворителей красок, волокон и т.д.);
- при эксплуатации (в воздух помещений выделяются опасные вещества: формальдегид, радон, влияющие на здоровье человека);
- при переработке отходов вблизи населенных пунктов (влияние асбеста, пыли, газов от сжигания и т.д. на здоровье человека).

Основными оценочными критериями прямой опасности материала для человека остаются санитарно-гигиенические свойства и характеристики радиационной и пожарной опасности. К санитарно-гигиеническим характеристикам (СГХ) материала по СанПиН относятся: наличие в материале вредных для здоровья веществ, класс их опасности (по ГОСТ 12.1.005-88); наличие антистатических и бактериостатических свойств; наличие запаха (балльная оценка от 1 до 6 баллов); диффузионная активность (ПДК пыли в воздухе рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005-88). Пожарная опасность оценивается по показателям:

горючесть, воспламеняемость, распространение пламени, дымообразующая способность и токсичность (группа пожарной безопасности определяется по НПБ 244-97). Радиационно-гигиенические свойства материала определяют по классу безопасности материала: по содержанию в них естественных радионуклидов (ЕРН) по ГОСТ 30108-94 по показателю удельной эффективной активности — А эфф., Бк/кг. Более подробно оценка характеристик безопасности основных видов строительных материалов по вышеперечисленным свойствам рассмотрена в *пунктах 3.4; 3.5; и 3.6 этой главы.*

Отходы. Современная промышленность выпускает тысячи наименований разнообразной продукции. Причем в сферу материального производства вовлекается во много раз больше исходного сырья, чем выпускается готовых продуктов. Например, на выпуск 1 т чугуна расходуются 1,5—2 т, 1 т алюминия — 3—10 т, 1 т никеля — 5—10 т, 1 т извести — 1,5—2 т, цемента — 1,4—1,7 т сырья. При этом на разных стадиях технологического процесса возникают отходы. Часть отходов теряется со сточными водами, с отходящими газами, при пылении твердых продуктов, в результате чего загрязняются атмосфера, гидросфера, почва. Для складирования твердых отходов сооружаются специальные отвалы и полигоны, занимающие ценные земельные площади.

На удаление отходов производства затрачиваются, в среднем, 8—10% стоимости производимой продукции. Транспортирование, складирование, концентрирование, обезвреживание, захоронение, улавливание отходов ежегодно поглощают миллиарды рублей. С другой стороны, отходы производства могут стать мощным источником сырья для промышленности. Поэтому следует всегда учитывать возможность повторного использования строительных материалов, в частности, возможность их переработки в новые материалы.

Уровень негативного влияния для каждого экофактора может быть оценен в баллах:

- 3 балла — наибольшее негативное влияние;
- 2 балла — среднее по уровню негативное влияние;
- 1 балл — наименьшее негативное влияние.

Результатом такого анализа может быть сводная таблица, отражающая экологическую оценку СМ.

Таблица 3.6

Вариант оформления результатов экологической оценки влияния строительных материалов на окружающую среду

Вид СМ	Негативные эффекты от СМ по этапам его ЖЦ						Экологическая оценка, сумма баллов
	повреждение экосистем	дефицит	выбросы	энергия	здоровье	отходы	
Древесные	1	1	1	1	1	1	6
Природный	3	2	1	2	1	1	10

камень							
Керамические	2	1	1	3	1	1	9
Материалы из стеклянных и др. минеральных расплавов	3	1	2	3	1	1	11
Металлически е	3	2	3	3	2	1	14
На основе минеральных вяжущих	3	1	2	3	2	2	13
На основе синтетических полимеров	3	3	3	3	3	3	18
С использование м отходов	2	1	2	2	2	2	11

Таким образом суммарная нагрузка на окружающую среду по шести перечисленным экофакторам для различных строительных материалов может составлять от 6 до 18 баллов. Минимальному негативному влиянию соответствует сумма в 6 баллов. Так можно оценить, например, материалы из древесины. Причем, если использовать мероприятия по снижению экологических нагрузок (см. табл. 3.4), можно получить сумму баллов и менее 6.

Для оценки может быть использована шкала (табл. 3.10) суммарной экологической нагрузки материала по его жизненному циклу на окружающую среду и человека. В соответствии с этой шкалой нагрузки с суммой баллов меньше или равной 6 относятся к низким, от 7 до 12 баллов — к средним, от 13 до 18 баллов — к высоким.

Таблица 3.7

Шкала суммарной нагрузки на окружающую среду и человека для анализируемых материалов

Низкие нагрузки						Средние нагрузки						Высокие нагрузки					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Практически ни один материал не может быть назван «экологически чистым», т.к. ни один материал не может быть изготовлен без затрат материальных ресурсов и энергии. Но рассматривая жизненный цикл материала, для каждого его вида можно выделить нежелательные, с экологической точки зрения, влияния на окружающую среду (т.е. присущих материалу отрицательных экологических качеств) и стараться не применять материалы с высоким уровнем нагрузки (13—18 баллов) на среду и человека. Отказ от их применения будет стимулировать развитие производств, выпускающих материалы, экологически безопасные для человека и среды.

При сравнении различных аспектов влияния материала на окружающую среду важно учесть, устраняются ли повреждения, нанесенные экосистеме, а если устраняются, то в какой срок. Возможно, более целесообразно поставить вопрос о неиспользовании материала. Важную роль при оценке также играет наличие экологических, технических и экономических возможностей в стране, где материал будет использован. Общим при оценке и при выборе материала является необходимость всегда учитывать, что увеличение объема работ, который обусловлен данным выбором, практически всегда приводит к увеличению объема проблем. Например, при выборе отделочного материала следует предусмотреть, какие (и в каком количестве) вспомогательные материалы потребуются для его надежного использования. На *рис. 3.4* показано, какие проблемы возникают при производстве бетона.

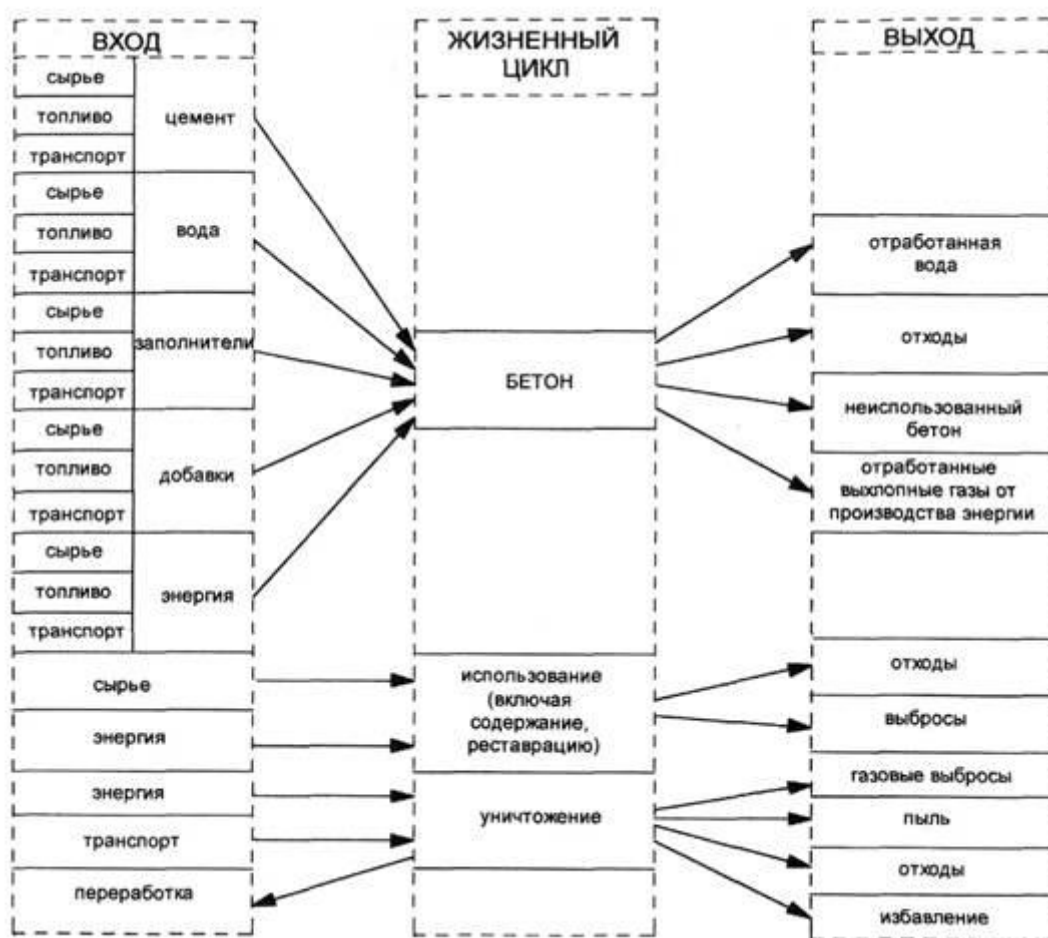


Рис. 3.4. Схема оценки «жизненного цикла» композиционного материала (бетона) в результате анализа входящих и выходящих потоков по методу «черного ящика»

Применение метода экологической оценки материалов по жизненному циклу позволило присваивать им марку экологического качества. Такие экологические значки (этикетки, пиктограммы) ставятся на продукцию, которая отвечает требованиям безопасности для окружающей среды и человека. Наряду с экологическими марками ставятся также значки об испытании материала и о гарантиях качества. По таким пиктограммам можно увидеть критерии оценки материала. Подобные значки стали новым элементом рекламных проспектов на строительные материалы. Примеры таких значков представлены в *табл. 3.8*.

Всегда следует обращать внимание на то, по какому критерию присвоен знак «экологичен», и имеется ли об этом отметка в информации на продукцию. Часто такую запись (без расшифровки значения) делают некоторые производители и поставщики, чтобы привлечь к своей продукции внимание потребителей.

Наличие таких марок в проспектах на продукцию должно быть прокомментировано. Например, для экологической марки с изображением белого лебедя в проспекте на продукцию расшифровывается, что марка присвоена материалу, который в течение всего своего жизненного цикла (от исходных материалов до вторичной переработки) соответствует критериям и требованиям по выбросам и испарениям (эмиссии), переработке отходов, а также расходу энергии и ресурсов.

Таблица 3.8

Примеры экологической маркировки строительных материалов

	Протестирован и признан годным к использованию Всемирным экологическим институтом в Кёльне		Знак качества RAL гарантирует постоянно контролируемое качество и безопасность минеральных плит, в том числе по противопожарной безопасности
	Экологичен		Оценен по ЖЦМ — Скандинавская экологическая марка (с изображением лебедя)
	Возможность вторичного использования		Пригодны для компостирования
	HYGENA — бактериостатическое и фунгистатическое покрытие поверхности для больниц, лабораторий, кухонь, предприятий		Эргономичность конструкции
	Без содержания полихлорвирила		Экологически чистый материал

Лекция 4. ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ

В условиях преодоления последствий кризисных явлений особое значение приобретают новые технологии

За последние годы транспортная ситуация изменилась принципиально: выросли объемы перевозок, нагрузки на ось транспортных средств, интенсивность движения. И сегодня мы уже не сможем обеспечить нормативный срок службы дорожных конструкций на основании технических решений, которые были разработаны 10, 20, а порой и 30 лет назад.

При этом ежегодно, несмотря на все трудности, в нашей стране возрастают масштабы дорожных работ. Каждый полученный из федерального бюджета рубль мы хотим потратить на наши дороги с максимальной эффективностью, поэтому увеличение объемов дорожных работ обязательно должно быть сопряжено с ростом применения инновационных решений в части новых технологий и дорожностроительных материалов.

Инновационная модель в дорожно-строительном производстве предполагает использование в проектах только современной высокопроизводительной техники, более качественных технологий и материалов, применение которых соответствует уровню транспортных нагрузок на дорожную одежду и обеспечивает наибольшую долговечность автодорог (межремонтный срок технической эксплуатации) в рамках выделяемых на строительство и ремонт финансовых ресурсов. Оценка эффективности технических решений по приведенным затратам становится решающим фактором повышения эффективности дорожно-строительного комплекса в инновационной модели развития дорожного хозяйства.

Первоначально ожидаемая эффективность нового технического решения может прогнозироваться по коэффициентам продления межремонтного срока эксплуатации дорожной одежды. В дорожном хозяйстве за последние 10 лет накоплен большой опыт внедрения новых дорожно-строительных технологий и материалов, позволяющий выделить на сегодняшний момент наиболее эффективные, апробированные в дорожных условиях и имеющие разработанную нормативную базу

Лекция 5. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ, ПОВЫШАЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Традиционный метод ремонта асфальтобетонных покрытий проводится выравниванием их асфальтобетонной смесью и перекрытием новым слоем асфальтобетона. В результате материал старых слоев частично становится балластом и источником появления отраженных трещин в новом покрытии. В нижних слоях покрытий автомобильных дорог находятся сотни миллионов тонн асфальтобетона в качестве бесполезного балласта, а объемы каменных материалов подстилающих слоев и оснований превышают указанное в 2–3 раза. Поэтому в условиях постоянного нарастания дефицита и стоимости дорожно-строительных материалов при строительстве и реконструкции автомобильных дорог необходимо ориентироваться на создание нематериалоемких и

неэнергоёмких технологий с использованием имеющихся резервов. С целью минимизации затрат при восстановлении существующей автомобильно-дорожной сети предлагаются разработанные технические и технологические решения, которые позволяют повторно использовать все материалы реконструируемых дорог. Наиболее экономичным технологическим решением для получения качественных дорожно-строительных материалов из асфальтового лома является обработка их медленноотвердевающими минеральными вяжущими из вторичных продуктов и отходов промышленности, таких как гранулированные шлаки и нефелиновый шлам, золы и золошлаковые смеси ТЭЦ, фосфогипс, цементная пыль и др.

Перспективным технологическим решением является получение органоминерального материала из полуфабриката без его нагрева путем обработки измельченного лома минеральным вяжущим. Учитывая длительное формирование структуры органоминерального материала в процессе эксплуатации дороги под движением транспорта, перспективно применение медленноотвердеющих вяжущих с тиксотропными свойствами длительного действия. Это позволит сократить сроки приостановления движения на реконструируемых автомобильных дорогах, снизить при производстве работ энергозатраты, избежать трещинообразования, как при использовании обычных портландцементов.

Современный способ ремонта – регенерация, представляет собой такую обработку или переработку бывшего в эксплуатации материала дорожной одежды, которая позволяет повысить её транспортно-эксплуатационные и технические показатели до требуемого уровня при эффективном использовании старого асфальтобетона и минимальном расходе новых

Материалов. Регенерацию старого асфальтобетона осуществляют горячим или холодным способом.

Технология горячей регенерации (ГР) заключается в разогреве асфальтобетона тепловой энергией инфракрасного излучения, измельчения горячим фрезерованием, перемешивании смеси на дороге или в специальных установках (с добавлением или без добавления регенерирующих добавок), распределении полученной смеси на дороге в виде слоя и его уплотнении.

Технология холодной регенерации (ХР) заключается в измельчении материала покрытия (в некоторых случаях с захватом части основания) преимущественно холодным фрезерованием, перемешивании смеси на дороге или в специальных установках (с добавлением или без добавления вяжущего, нового скелетного материала и других добавок), распределении

полученной смеси в виде слоя и его уплотнении. Способ ХР смешением на месте (ХРМ) предусматривает выполнение всех технологических операций ХР звеном специализированных машин. Способ ХР со смешением в установке (ХРУ) предусматривает смешение фрезерованного материала на центральном заводе или в притрассовой установке. Органоминеральную смесь, образующуюся при измельчении бывшего в употреблении асфальтобетона, называют асфальтовый гранулят (АГ). При добавлении в АГ вяжущего образуется асфальтогранулобетонная смесь (АГБ-смесь). Кроме вяжущего в АГ может добавляться и минеральный заполнитель. АГБ-смесь после уплотнения превращается в асфальто гранулобетон (АГБ).

Различают следующие типы АГБ-смесей:

А – АГБ-смесь без добавления вяжущего;

Б – АГБ-смесь с добавлением маловязкого разогретого битума;

В – АГБ-смесь с добавлением вспененного битума;

Э – АГБ-смесь с добавлением битумной эмульсии;

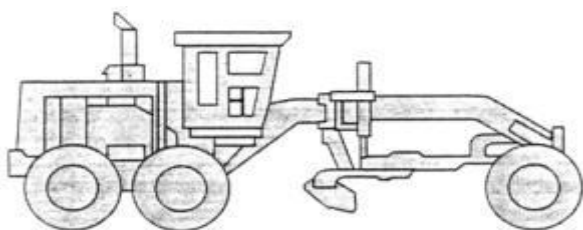
Технологию ХР применяют на дорогах различных категорий:

- для усиления дорожной одежды на всю ширину проезжей части;
- для усиления дорожной одежды только на полосах грузового движения с устройством общего защитного слоя;
- для усиления дорожной одежды на городских дорогах, где нежелательно увеличение вертикальных отметок покрытия;
- при реконструкции автомобильных дорог, связанной с уширением проезжей части.

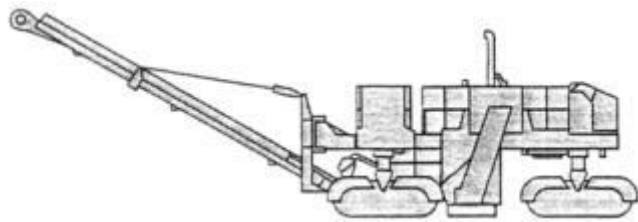
Ремонт покрытий способом ХРМ позволяет ликвидировать такие дефекты покрытия, как волны, наплывы, колея. При введении стабилизаторов можно перевести дорожные одежды с переходными типами покрытия (4–5 категории) в дорожные одежды облегчённого типа с усовершенствованным покрытием (3–4 категории), а последние – в капитальные дорожные одежды с асфальтобетонным покрытием. Технология ХР предусматривает восстановление монолитности (сплошности) пакета асфальтобетонных слоёв дорожной одежды на всю толщину или часть её (от 6 до 50 см), без разогрева асфальтобетона или АГ. Поверх регенерированного слоя обычно укладывают одно- или двухслойное асфальтобетонное покрытие или устраивают поверхностную обработку. При глубокой ХР в процессе фрезерования асфальтобетонного покрытия часто захватывают и слой дискретного материала основания. Если содержание АГ в такой смеси менее 40 % (эта граница достаточно условна), то получаемый материал принято называть укрепленным материалом (по аналогии с укрепленным крупнообломочным грунтом). ХР асфальтобетонных покрытий выгодно отличается от традиционных способов ремонта с повторной укладкой слоёв и ГР своей экономичностью. Технология ХР по ресурсосбережению не имеет себе равных – она позволяет наиболее эффективно использовать материал старой дорожной одежды. Устранение трещин в старом покрытии на всю или большую часть глубины исключает появление отражённых трещин в новых слоях покрытия. Кроме того, проведение работ без разогрева материала наносит минимальный вред окружающей среде и органоминеральному материалу.

К началу XXI века основные объёмы земляных работ на строительстве автомобильных дорог стали выполняться с использованием экскаваторов с ковшом обратной лопата ёмкостью 0,5–2,0 м³ (рис. 38.3). то есть с разработкой грунтовых карьеров. Экскаваторы с ковшом прямой лопаты (рис. 38.4) применяются исключительно при разработке выемок. При разработке выемок нередко применяются и скреперы самоходные.

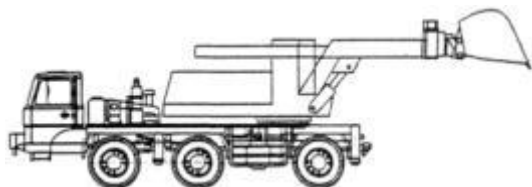
Для чистовой планировки откосов насыпи и выемок с длиной откоса более 2,5 м используют экскаваторы-планировщики (рис. 38.8), которые различаются по ёмкости ковша, мощности двигателя, длине планировки откоса.



Автогрейдер



Профилировщик фрезерный



Экскаватор-планировщик

Профилировщики

Производитель, страна	Индекс машины, тип	Мощность двигателя, кВт	Ширина профилирования, м	Высота погрузки, м	Система задания отметок, тип	Масса, т
Gomaco, США	8500 В 2-гусен.	160	3,05; 3,06; 4,27	4,11	Электрогидравлический	13,6
	9500 2-гусен.	253,6	3,9; 4,5; 5,1	3,7	Электрогидравлический	21,86
СМІ Corporation, США	TR -450 4-гусен.	242	4,3-12,2	Выдача в сторону	Гидравлический	54,0
	TR -6004 4-гусен.	242	4,3-12,2	Выдача в сторону	Гидравлический	54,0
ОАО «Брянский Арсенал», Россия	ДС-108 по заказу	368	8,5	4,2	Электрогидравлический	40,0

Основной производитель экскаваторов-планировщиков в России: ОАО «Мотовилихинские заводы». Основные производители экскаваторов-планировщиков в мире: Gradall (США) и CSM - Tisovec (Словакия и Чехия).

Машины и оборудование для уплотнения грунтов

За последние 15-20 лет в технологии уплотнения грунтов произошли кардинальные изменения, вызванные насущным желанием производителей работ интенсифицировать этот процесс. Ушли в прошлое статические гладковальцовые и кулачковые как самоходные, так и прицепные катки, а также прицепные пневмокошесные катки, которые сегодня выпускает только республика Беларусь. Сегодня для уплотнения грунтов в основном применяют вибрационные самоходные одновальцовые катки (рис. 38.9) и реже вибрационные прицепные одновальцовые катки, которые требуют разворота в обоих концах участка уплотнения.

В основном применяют гладковальцовые вибрационные катки и только для уплотнения связных грунтов (тяжелых суглинков и глин) применяют кулачковые вибрационные катки. Как правило, кулачковые катки - это те же гладковальцовые катки, на которые устанавливается дополнительный кольцевой бандаж с кулачками. Изменилась форма и размер кулачков. Раньше кулачки были высокие (до 40 см) и узкие с целью увеличения удельного давления. Сегодня кулачки на виброкатках невысокие (до 20 см) и широкие. Первое время после их появления они носили название «бобышки». Очень редко используют при уплотнении грунтов решетчатые прицепные статические и вибрационные катки, которые внешне напоминают гладковальцовые, но с обечайкой вальца, выполненной из металлической решетки, изготовленной из круглых прутков диаметром 30-50 мм. Благодаря высоким нагрузкам, передаваемым решеткой на грунт, такие катки производительны на связных грунтах и грунтах с каменными включениями.

Для уплотнения грунтов в узких местах: в траншеях, у труб, на подходах к мостам и путепроводам, а также у бровки земляного полотна используют реверсивные виброплиты (рис. 38.10).

Вибрационные самоходные одновальцовые катки различаются по мощности двигателя, ширине и диаметру вальца, линейной нагрузке и массе (табл. 38.10). Частоты (25-40 Гц) и амплитуды (0,6-2,0 мм) очень близки.

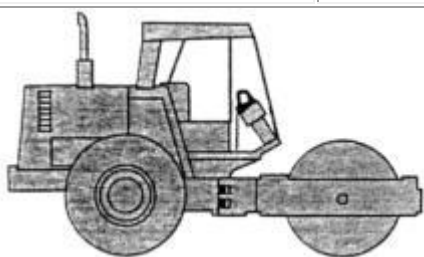
Основной производитель катков для уплотнения грунтов в России: ЗАО «Раскат». Основные производители катков для уплотнения грунтов в мире: Bomag (Германия), Hamm (Германия), Vibromax (Германия), Caterpillar (США), Ingersoll - Rand (США), Metso Minerals (Дунарас) Швеция и многие другие фирмы.

Экскаваторы-планировщики

Производитель, страна	Индекс машины, тип хода	Мощность двигателя, кВт	Емкость ковша, м3	Глубина копания, м	Длина и ширина планировки, м	Масса, т
ОАО «Мотовилихинские	ЭО-43212 (ЗТМ-220) на КамАЗ-	55	0,5	До 5,8	3,7×2,4	19,5

заводы», Россия	53228					
	ЭО-43213 (ЗТМ-221) на Урал-4320	55	0,5	До 5,7	3,7×2,4	20,7
ГУП «Уралвагонзавод», Россия	ЭТ-1 на ЭО-33211	99	0,4-1,3	До 5,9	4,0×2,5	22,0
МП «Святовит», Беларусь и Литва	EW -25 М 1.000 на МАЗ-6338	74	0,63- 0,95	До 6,9	4,15×2,4	13,1
	EW -25 М 1.010 на МАЗ-6338	74	0,63- 0,95	До 6,9	4,15×2,4	13,1
	EW -25 М 1.100 на КамАЗ-53228	74	0,4-0,95	До 6,9	4,15×2,4	22,8
	EW -25 М 1.100 на МЗКТ-8007	74	0,63	До 6,9	4,15×2,4	н/д
ОАО «Кохановский экскаваторный завод», Беларусь	ЭО-3533 М на МАЗ-5337	55	0,4-0,5	До 4,5	3,2×2,4	16,0
CSM - Tisovec, Словакия и Чехия	UDS -114 а на Tatra 815-2	84,5	0,5-0,63	До 6,6	4,5×2,4	21,8
	UDS -214.11 на Tatra 815-2	115	0,5-0,63	До 6,6	4,5×2,4	21,1
	UDS -232 кол. шасси	115	0,5-0,63	До 6,9	4,5×2,4	18,0
	UDS -211 гус.	84,5	0,5-0,63	До 6,9	4,5×2,4	18,0

	UDS -112 кол. шасси	74	0,4	До 4,2	4,5×2,4	13,18
Gradall , США	XL -2300 кол.	82	0,15- 0,38	До 4,6	2,9	12,6
	XL -3100 кол.	142	0,29- 0,52	До 5,9	3,3	15,8- 16,7
	XL -3300 кол.	110	0,29- 0,52	До 5,9	3,3	16,8
	X L -4100 кол.	112	0,31- 0,76	До 6,8	3,8	20,5- 21,3
	X L -5100 кол.	130	0,19- 0,96	До 7,7	4,3	25,1- 25,9
	XL -2200 гус	71	0,15- 0,38	До 5,0	2,9	12,07
	XL -3200 гус.	103	0,29- 0,52	До 6,1	3,4	18,4
	XL -4200 гус.	112	0,31- 0,76	До 7,1	3,8	19,6
	XL -5200 гус.	130	0,19- 0,96	До 7,9	4,3	23,9



Каток вибрационный одновальцовый самоходный



Виброплита реверсивная

Прицепные вибрационные катки для уплотнения грунтов различаются по мощности двигателя, ширине и диаметру вальца и массе (табл. 38.9).

Виброкатки прицепные для уплотнения грунтов

Производитель, страна	Индекс машины	Мощность двигателя, кВт	Ширина вальца, м	Диаметр, м	Частота вибрации, Гц	Масса, т
ЗАО «Раскат», Россия	ДУ-70	Гидропривод от тягача	2,0	1,6	25	5,9
	ДУ-94	44	2,0	1,6	25	7,5
ОАО «Волгодонский опытно-экспериментальный завод», Россия	СД-801 к Т-150	Гидропривод от тягача	2,0	1,6	25	7,0
	СД-130 к Т-130, Т-170	То же	2,31	1,6	25	10,0
АО «Коростеньский завод Дормаш», Украина	ДУ-37Б к Т-150	То же	2,6	0,8	25	17,4
	ДУ-16Д к МоАЗ-6442	То же	2,6	0,9	25	30,0

Реверсивные виброплиты различаются по мощности двигателя, ширине плиты (ширина уплотнения) и массе (табл. 38.11). Основные производители реверсивных виброплит в мире: Bomag (Германия), Weber (Германия), Vibromax (Германия), Ingersoll - Rand (США), Metso Minerals (Dynapac) Швеция и многие другие фирмы.

Катки вибрационные самоходные для уплотнения грунтов

Производитель, страна	Индекс, гладковальцовый/кулачковый	Мощность двигателя, кВт	Ширина вальца, м	Линейная нагрузка, кг/см	Частота вибрации, Гц	Масса, т
ЗАО «Раскат»,	ДУ-111/-	57	1,7	28,0	25 и 35	7,3/-
	ДУ-74/ДУ-74.1	57	1,7	28,0	40 и 25	8,5/9,0

Россия	ДУ-85/ДУ-85.1	129	2,0	32,0	25	13,0/13,5
ОАО «ЧТЗ-Уралтрак»	БК-24.01.01/БК-24.01.02	170	2995	43,0	0-30	23,0/26,0
ОАО «Амкодор», Беларусь	Амкодор 6715/-	73,5	2100	50,0	30	10,5/-
	БГ-1202/-	73,5	2250	53,0	30	12,0/-
Вомат Германия	BW 156 D-3/BW 156 PD-3	54	1,46	21,2	30 и 41	6,15/6,40
	BW 177 D -3/ BW 177 PD -3	54	1,69	24,0	30 и 38	7,36/7,55
	BW 178 D -3/ BW 178 PD -3	80	1,69	26,6	30 и 38	8,16/8,34
	BW 179 D -3/ BW 179 PD -3	80	1,69	30,2	30 и 38	8,77/8,25
	BW 211 D -3/ BW 211 PD -3	108	2,13	32,2	30 и 36	10,62/11,6
	BW 212 D -3/ BW 212 PD -3	92	2,13	32,2	30 и 36	11,08/11,48
	BW 213 D -3/ BW 213 PD -3	92	2,13	32,2	30 и 36	11,06/12,0
	BW 214 DH -3/ BW 214 PDH -3	92	2,13	38,1	30 и 36	13,78/14,23
	BW 216 D -3/ BW 216 PD -3	132	2,13	47,7	30 и 36	16,1/16,6
	BW 219 DH -3/ BW 219 PDH -3	118	2,13	55,6	29 и 35	19,12/19,47
	BW 225 D -3/ BW 225 PD -3	132	2,13	80,0	26 и 35	25,22/24,82
Намм Германия	2220 D /2222 DS	40	1,38	21,7	30 и 42	4,85/5,10
	2420 D /2422 DS	100	2,14	29,2	30 и 42	11,3
	2520 D /2522 DS	138	2,22	48,2	27 и 30	17,3

	2620 D /2622 DS	138	2,22	56,1	27 и 30	19,55/18,35
	3205/3205 P	42,1	1,38	24,7	30 и 42	5,35/5,73
	3307/3307 P	61	2,14	23,5	30 и 42	7,05
	3412/3412 P	95	2,14	31,3	30 и 42	12,19/12,29
	3516/3516 P	145	2,14	43,5	27 и 30	14,23/14,3
	3518/3518 P	145	2,22	48,5	27 и 30	17,82/17,92
	3520/3520 P	145	2,22	56,2	27 и 30	19,8/19,9
	3625/-	174	2,22	72,8	27 и 30	24,96/-
Caterpillar, США	CS-431C/-	80	1,68	18,4	32	6,5/-
	CS-433C/CP-433C	80	1,68	21,1	32	6,8/7,1
	CS-531D/-	108	2,13	24,0	32	10,83/-
	CS-533D/CP-533D	108	2,13	25,0	32	11,03/11,39
	CS-563D/CP-563D	108	2,13	27,0	30	11,16/11,56
	CS-583D/-	108	2,13	26,0	30	15,2/-
	CS-663E/CP-663E	134	2,13	н/д	30	17,1/16,8
	CS -683 E /-	134	2,13	н / д	30	18,8/-
Metro Minerals (Дунарас), Швеция	CA-121D/CA-121 PD	32	1,36	13,0	30	4,0/4,35
	CA-141D/CA-141 PD	40	1,52	15,0	32,5	4,77/4,91
	CA-152D/CA-152 PD	71	1,67	21,4	29	7,3/7,7
	CA-250D/CA-250 PD	89	2,13	24,6	30 и 33	9,85/10,45
	CA-252D/CA-252 PD	89	2,13	24,0	30 и 33	9,85/10,45

	CA-262D/CA-262 PD	106	2.13	26,0	30 и 33	10,5/11,9
	CA-302D/CA-302 PD	89	2.13	38,0	30 и 33	12,6/12,5
	CA-362D/CA-362 PD	106	2.13	38,0	30 и 33	13,05/12,95
	CA -402 D /-	89	2.13	38,0	30 и 33	13,8/-
	CA-512D/CA-512 PD	120	2,13	49,3	27 и 31	15,6/15,8
	CA-602D/CA-602 PD	120	2,13	59,6	27 и 31	18,6/18,5

В таблице приведены технологические параметры (экономически оправданная толщина уплотнения и производительность) вибрационных одновальцовых катков при уплотнении песка, супеси и суглинка.

Техническая производительность прицепных вибрационных катков меньше производительности самоходных катков на 20-25 % соответственно при длине участка уплотнения 20-100 м при массе прицепных катков, равной половине массы самоходных катков.

Виброплиты реверсивные

Производитель, страна	Индекс машины	Мощность двигателя, кВт, тип	Ширина уплотнения, м	Частота вибрации, Гц	Масса, кг
АО «СММ», Россия	АТ-12 АТ-15	3,2 диз . 3,6 диз.	0,325-0,425 0,35-0,55	75 75	120-130 180-192
Vibromax Германия	АТ-8	2,9 диз.	0,325-0,425	100	80
	АТ -12	3,2 диз.	0,325-0,425	75	120-130
	АТ-15	3,6 диз	0,35-0,55	75	180-192
	АТ-25У, АТ-25Н	4,5 и 4,6 диз .	0,40-0,60	75	215-227
	АТ-35У, АТ-25Н	6,6 и 5,8 диз.	0,45-0,70	55	320-362
	АТ -45	10,5 диз .	0,55-0,85	50	510-550
	АТ-60	10,3 диз .	0,71-0,90	43	620-680
	АТS-6002	8,9 диз .	0,68-1,10	30,5	789-913
Metro Minerals (Динарас),	LG -140	4,1 и 2,8 бенз. и диз.	0,33	65	154,166

Швеция	LG -160	4,1 и 2,8 бенз. и диз.	0,45	82	158, 171
	LG -200	4,8 и 3,1 бенз. и диз.	0,50	65	222, 233
	LH -300	5,0 и 6,6 бенз. и диз.	0,45-0,70	68	322, 327
	LG-450	6,6 диз .	0,75	60	464
	LG-500	7,5 диз.	0,55-0,75	60	475-547
	LG -550	7,5 диз.	0,75	60	554
	LG-700	11,5 диз .	0,66-0,96	53	768
Ingersoll-Rand, США	RX-55	2,5 бенз .	0,33	90	55
	RX-65	3,0 и 2,1 бенз. и диз.	0,33	90	65
	RX -75	3,1 диз.	0,33	90	80
	SX -75	4,6 диз.	0,48	74	240
	DX -60	5,0 диз.	0,60	57	600
	DX -70	6,1 диз.	0,65	53	700
Bomag Германия	BPR 25/40	4,0 и 3,4 бенз. и диз.	0,40	78	124, 141
	BPR 30/38	4,0 и 3,4 бенз. и диз.	0,58	75	187, 207
	BPR 35/38	4,0 и 3,4 бенз. и диз.	0,58	75	187, 207
	BPR 40/45 D	4,4 и 4,6 диз.	0,45-0,75	68 и 65	308-369
	BPR 50/52 D	5,8 и 6,6 диз.	0,52-0,82	62	408-455
	BPR 75/60 D	10,5 диз.	0,58-0,90	57 и 33	644-753
	BPR 80/60 D	10,5 диз.	0,58-0,90	72	643-693
	BPR 80/65 D	11,5 диз.	0,80	72	740

Машины для строительства асфальтобетонных покрытий

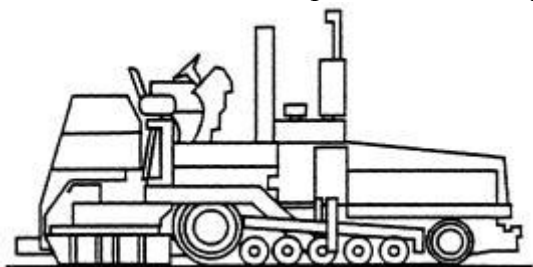
Для строительства асфальтобетонных покрытий используется целый ряд машин: асфальтоукладчики для укладки (распределения и предварительного уплотнения) асфальтобетонных смесей; автогудронаторы при распределении битума или битумной эмульсии (грунтовок) для обеспечения совместной работы слоев основания и покрытия; подборщики и перегружатели для создания (увеличения) запаса асфальтобетонной смеси между транспортными средствами и асфальтоукладчиком и обеспечения непрерывной работы асфальтоукладчика при различных темпах укладки; катки различного типа и размера для уплотнения асфальтобетонных смесей. Асфальтоукладчики) являются главными ведущими машинами при строительстве асфальтобетонных покрытий. Различают асфальтоукладчики по ширине укладки,

производительности, вместимости приемного бункера и типу ходовой части (гусеничные и колесные).

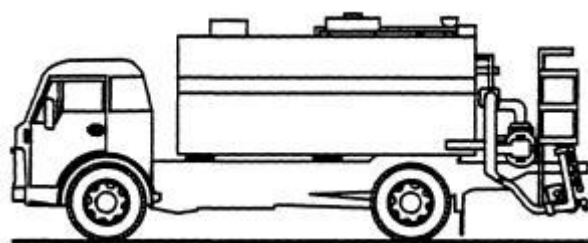
Основные производители асфальтоукладчиков в России: ОАО «Радицкий машинный завод», ОАО «Брянский Арсенал», а в странах СНГ - ОАО «Дормашина» (Украина).

Основными производителями асфальтоукладчиков в мире являются: Vögele, ABG (Ingersoll - Rand), Demag (Metso Minerals) - Германия, Bitelli и Marini (Италия), Caterpillar, Roadtec (США), Blaw - Knox (США и Англия), а также ряд других фирм.

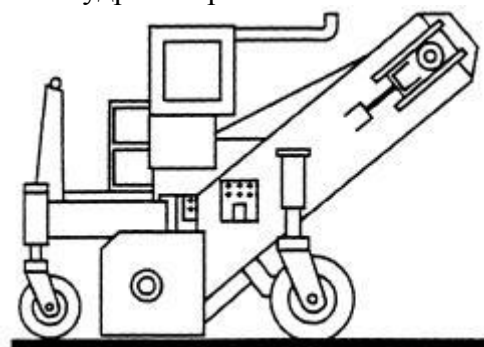
Автогудронаторы различаются по грузоподъемности, ширине распределения и типу базового автошасси. Производят автогудронаторы многие фирмы России и мира.



Асфальтоукладчик



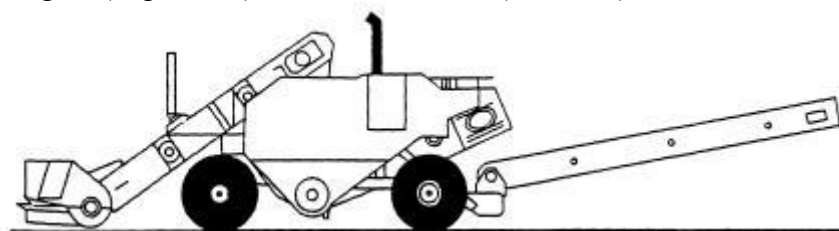
Автогудронатор



Подборщик смеси

Подборщики и перегружатели, как сказано выше, служат для увеличения скорости укладки при обеспечении безостановочной работы асфальтоукладчиков. Подборщики смеси из валика различают по производительности, а перегружатели по производительности, вместимости бункера-накопителя и мощности двигателя.

Основные производители подборщиков и перегружателей - американские фирмы, а также Vögele (Германия) и Metso Minerals (Швеция).



Перегружатель смеси

Основные показатели (максимальный темп укладки и часовая потребность в асфальтобетонной смеси) для различных схем подачи асфальтобетонной смеси в бункер асфальтоукладчика и ширине укладки 8-9 м приведены в табл. 39.12.

Асфальтоукладчики

Производитель, страна	Индекс машины, тип хода	Ширина уклад- ки, м	Произво- дитель- ность, т/ч	Вмести- мость бункера, т	Мощность двигателя, кВт	Масса, т
ОАО «Радицкий ма- шинный завод», Россия	ДС 191.504 кол.	3,0-4,5 (7,5)	500	14,0	74	18,0
	ДС 191.506 кол.	3,0-5,2 (6,2)	500	14,0	74	20,0
	АСФ-К-2-02 кол.	2,2-3,75	390	8,0	57,4	13,0
	АСФ-К-3-03 кол.	2,5-4,5 (6,5)	500	12,0	90,4	18,5
	АСФ-Г-4-01 гус.	2,5-6,5 (9,0)	600	14,0	90,4	22,0
ОАО «Брянский Ар- сенал», Россия	ДС-181 кол.	3,0-4,5 (7,5)	450	10,0	77,0	20,0
	Асф К-2 кол.	2,5-4,7	350	8,0	77,0	13,4
ОАО «Дороги России», Россия	СД-404 Б кол.	3,0-7,0	450	12,0	77,0	17,3
ОАО «Дормашина», Украина	ДС-189 гус.	3,0-4,5	210	10,0	44	13,5
	ДС-195 гус.	3,0-4,5	210	10,0	44	13,5
	ДС-199 гус.	3,0-4,5	210	10,0	44	13,5
	ДС-200 кол.	2,5-4,5	210	12,0	44	13,5
	ДН-406 гус	3,0-9,0	500	12,0	103	18,0
Vogele Германия	Super Boy гус .	1,1-2,6	50	3,5	31	4,8
	Super 1400 гус .	2,0-4,75	300	8,0	51,5	10,9
	Super 1600 гус .	2,5-8,0	390	13,0	84	17,2
	Super 1800 гус .	2,5-10,0	600	13,0	121	20,7
	Super 1900 гус .	2,5-10,0	700	13,0	129	22,3
	Super 2100 гус .	2,5-12,5	900	14,0	160	24,7
	Super 2500 гус .	3,0-16,0	1100	17,5	209	31,5
	Super 1203 гус .	1,7-4,0	150	10,0	57	9,5
	Super 1402 кол .	2,0-4,75	300	8,0	51,5	11,2
	Super 1603 кол .	2,5-8,0	390	13,0	84	16,4
	Super 1804 кол .	2,5-8,0	600	13,0	121	18,5

	Super 1903 кол .	2,5-8,5	700	13,0	111	19,5
Caterpillar, США	AP-650 B гус.	1,8-6,1	1300	10,0	70	13,16
	AP-800 C кол.	1,8-6,1	1801	11,0	80	13,58
	AP-900 B кол.	2,44-9,15	2134	12,2	115	17,13
	AP-100 B кол.	2,44-9,15	2177	12,2	130	19,46
	AP-1050 B гус.	2,44-9,15	2177	12,2	130	19,01
	AP-1055 B гус.	2,44-9,15	2177	12,2	130	19,36
	BG -210 B кол.	1 1,8-4,9	1222	9,6	80	11,78
	BG -230 B кол.	1,8-6,1	1801	11,0	80	15,19
	BG -240 C кол.	2,44-7,3	2134	12,2	115	18,10
	BG -260 C кол.	2,44-7,9	2177	12,2	130	19,46
	BG -225 C гус.	1,8-6,1	1300	10,0	90	13,16
	BG -245 C гус.	2,44-9,15	2177	12,2	130	19,01
	BG-2455 C гус .	2,44-9,15	2177	12,2	130	19,36
ABG-Ingersoll Rand, Германия	Titan 111 гус .	1,5-4,0	300	8,0	42	8,4
	Titan 135 гус .	1,75-4,0	200	7,5	43	7,0
	Titan 223 гус .	2,5-7,0	600	13,5	79	15,9
	Titan 225 гус .	2,5-7,5	600	13,5	100	17,4
	Titan 323 гус .	2,5-9,0	600	13,5	106	20,0
	Titan 324 гус .	2,5-8,5	600	13,5	106	25,0
	Titan 325 гус .	2,5-10,0	600	13,5	126	18,1
	Titan 423 гус .	2,5-12,0	800	14,0	126	25,6
	Titan 511 гус	2,0-12,5	1200	15,0	167	33,0
	Titan 273 кол	2,5-7,0	500	12,0	87	15,9

	.					
	Titan кол.	455	2,5-9,0	600	12,0	79
						17,8

Автогудронаторы

Производитель, страна	Индекс машины	Базовое шасси	Грузоподъемность, т	Ширина распределения, м	Норма распределения, кг/м ²	Масса, т
ОАО «Кургандормаш», Россия	ДС-39 Б ДС-142 Б	ЗИЛ-433362 КамАЗ-53213	4 7,5	До 4,8 До 4,8	0,5-2,5 0,3-2,5	9,88 17,85
ОАО «Дороги России», Россия	ДС-2 ДС-3	ЗИЛ-433362 КамАЗ-53213	4 7	До 4,0 До 4,0	0,5-3,0 0,5-3,0	11,0 17,3
ЗАО «Бецема», Россия	БЦМ-65	КамАЗ-53213	8	2,5-4,0	0,2-0,3	н/д
ОАО «Иркутскдормаш», Россия	СДК-100 СД-203	КамАЗ-5410 КамАЗ-5410	12 10	До 4,5 До 4	0,1-4,0 0,3-3,0	26,0 26,1

Машины и оборудование для строительства цементобетонных покрытий

Для строительства цементобетонных покрытий и оснований также используется целый ряд машин:

бетоноукладчики для укладки (распределения, уплотнения, отделки поверхности бетонного слоя) бетонных смесей;

оборудование для распределения пленкообразующих материалов для ухода за бетоном;

нарезчики швов для нарезки пазов продольных и поперечных швов сжатия;

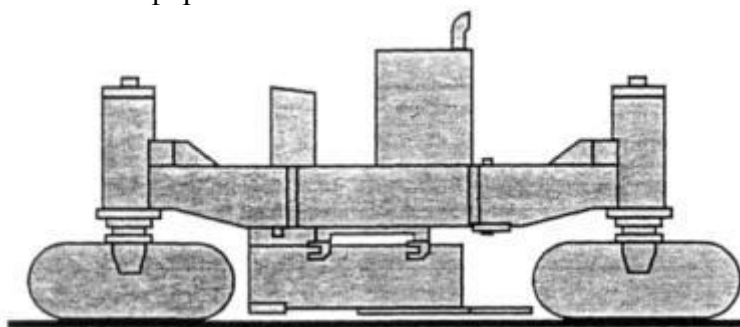
заливщики швов для прочистки, просушки и заполнения герметизирующей мастикой пазов продольных и поперечных швов.

Бетоноукладчики в настоящее время применяют только со скользящими формами.

Различают бетоноукладчики по ширине укладки и мощности двигателя (табл. 39.13).

Основные производители бетоноукладчиков - фирмы Германии и США.

Нарезчики швов различают по мощности двигателя и максимальной глубине и ширине нарезаемого паза шва (табл. 39.14). Основные производители нарезчиков швов - фирмы Германии и США. В последние годы в России выпуск нарезчиков швов освоили несколько фирм.



Бетоноукладчик



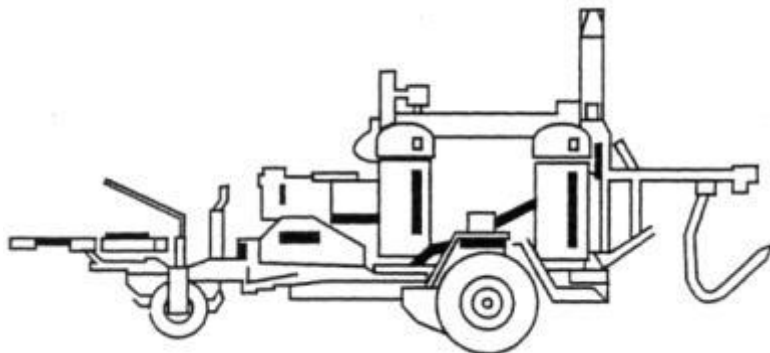
Нарезчик швов

Бетоноукладчики

Производитель, страна	Индекс машины	Ширина укладки, м	Толщина покрытия, см	Мощность двигателя, кВт	Скорость рабочая, м/мин.	Масса, т
Gomaco США	GP-2600	3,66-9,75	48,3	171,6	0-21,2/16,1	33,6/39,6
	GHP-2800	3,66-9,75	48,3	223,6	0-37,2/21,2	31,8/36,3
	GP-4000	3,66-15,24	48,3	0-11,2/11,2	39,9/52,2	39,9/52,2
CMI, США	SF -3002	3,5-9,75	45,7	194,0	0-18,3	19,3/24,3
	SF-4002	3,5-11,6	45,7	243,0	0-26,5	24,6/29,1
	SF-5002	3,5-11,6	45,7	243,0	0-26,5	36,2/47,1
	SF-6004	3,5-13,6	61,0	243,0	0-18,3	57,2
	SF -7004	3,5-15,25	61,0	294,0	0-18,3	61,2
Wirtgen Германия	SP-500	2,0-6,0	39,0	133,0	0-15,0	12-39
	SP-850	2,5-9,5	45,0	186,0	0-20,0	29-44
	SP-850 Vario	3,0-8,5	45,0	186,0	0-20,0	29-44
	SP-1500	5,0-15,25	45,0	272,0	0-20,0	49-78
	SP-1500L	5,0-15,25	45,0	272,0	0-20,0	107
	SP-1600	5,0-16,0	45,0	317,0	0-20,0	57-135
Massenza, Италия	CSP-5000	2,0-5,0	35,0	78,0	0-8,0	12,0
	CSP-7500	2,7-7,5	39,0	112,0	0-8,0	14,0
	CSP-12500	До 12,5	45,0	235,0	0-8,0	34,0
	CSP 15000	До 15,0	50,0	294,0	0-8,0	54,0

Заливщики швов различают по емкости (вместимости) бака для мастики и типу обогрева (наиболее безопасный для мастики - масляный), а также наличию или отсутствию в его

составе компрессора для привода теплового копия (газовой горелки) для прогрева паза шва перед заливкой. Основные производители заливщиков - фирмы Германии и США.



Заливщик швов

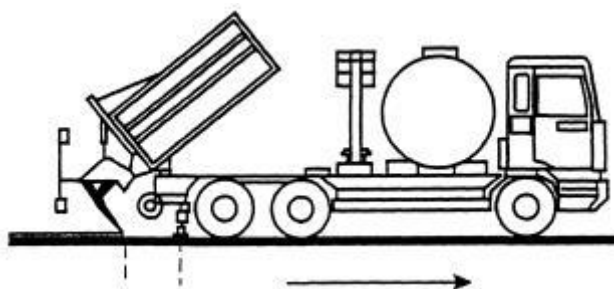
Машины и оборудование для строительства слоев износа (защитных слоев) покрытия

Слои износа (защитные слои) покрытия устраивают методами поверхностной обработки и укладки литых эмульсионно-минеральных смесей (ЛЭМС). Для реализации метода поверхностной обработки используют:

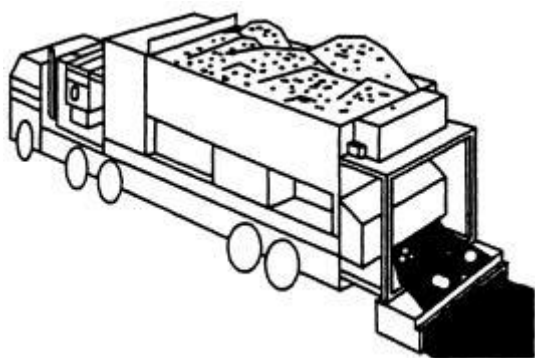
автогудронаторы и распределители щебня;

битумо (эмульсия)-щебнераспределители, выполняющие распределение органического вяжущего и мелкого щебня одновременно и синхронно.

Основные производители битумощебнераспределителей в России: ОАО «Кургандормаш», ОАО «Дороги России», ОАО «Самарский завод «Строммашина» совместно с Breining (Германия), ОАО НПО «Росдормаш» совместно с Secmair (Франция). Основные производители битумощебнераспределителей в мире - фирмы Германии, Франции и Швеции.



Битумощебнераспределитель



Смеситель-укладчик ЛЭМС

Смесители-укладчики ЛЭМС различают по ширине обработки, емкости бака для эмульсии и бункера для минеральных материалов, методу загрузки (на базе и на полотне дороги), а также по производительности мешалки (табл. 39.17).

Основные производители смесителей-укладчиков ЛЭМС - фирмы США, Германии, Италии и Франции. В России такие машины не производятся. Начато их производство на Украине.

Машины для уплотнения слоев основания и покрытия

Для уплотнения слоев основания и покрытия используются:

из грунтов и минеральных материалов, обработанных вяжущими, из щебня и гравия и из укатываемых бетонных смесей - вибрационные и комбинированные двухосные катки, а при их отсутствии вибрационные одноосные катки для уплотнения грунтов при минимальной амплитуде вибрации;

из асфальтобетонных смесей - вибрационные двухосные, комбинированные двухосные, пневмоколесные двухосные и статические двухосные катки.

Пневмоколесные катки применяют на начальной (1-2 прохода) и завершающей стадии уплотнения, так как в последнем случае они не вызывают «переуплотнения» с дроблением зерен щебня; статические катки применяют для уплотнения краевой части укладываемой полосы, так как они в значительно меньшей степени вызывают оплывание (течение) края слоя (рис. 39.15).

Основными уплотняемыми средствами для слоев основания и покрытия являются двухосные вибрационные и комбинированные катки (рис. 39.13 и рис. 39.14). Двухосные вибрационные и комбинированные катки различают по массе (основной показатель), ширине и диаметру вальца, мощности двигателя (значительно реже) и частоте вибрации (табл. 39.18).

Основные производители двухосных катков в России: ЗАО «Раскат» и ОАО «Саста». В мире двухосные вибрационные и комбинированные катки производят очень много фирм. Наиболее прогрессивные модели таких катков производят фирмы Германии и США.

Битумощебнераспределители

Производитель, страна	Индекс машины, тип	Базовое шасси	Ширина обработки, м	Емкость бака, м	Емкость бункера, м	Загрузка щебня
ОАО «Кургандормаш», Россия	ДС -180 полуприцеп	КамАЗ -54112	2,66 по вяж. 2,50 по щебню	4,0	7,0	Из самосвала сзади
ОАО «Самарский завод «Строммашина», Россия	БШР -375 прицеп	Битумовоз ДС -138	3,75	-	7,5	То же
ОАО «Дороги России», Россия	РД -701 прицеп	Трактор Т -150 К	3,5	6,0	6,0	То же
ПКМП «Белдортехника», Беларусь	БД -131 прицеп	Автогудронатор АРБ -7	3,5	3,0	7,0	То же
ДП «Новая техника», ОАО «Дормашина», Украина	ДН -008 полуприцеп	КрАЗ -6443	2,5-3,0	6,0	7,0	То же
	ДН -014 самоходный	Автогудронатор	2,5-3,0	11,0	10,0	То же
ФГУП СНПЦ	Chipsealer -19 на	МАЗ -5551	1,5	2,5	4,0	Погрузчиком

«Росдортех» Россия совместно Secmair Франция	, шасси Chipsealer -26 с полуприцеп , Cipsealer -40 полуприцеп	СЗАП -9905 Седельный тягач	3,13,5 3,6	6,0 6,0	8,0 12,0	То же Самозагрузка грейдером
Secmair Франция (доп . к указанному выше)	, Chipsealer -32 на шасси	Автошасси	3,1	6,0	8,0	То же
Schafel Германия	, PZA 4000 PZA 8000 PZA 1400	Битумовоз То же Сед . тягач	3,0 2,4 3,0	- 8,0 14,0	4,5 7,0 7,0	Из самосвала сзади То же То же
Rincheval Франция	, Twinsealer полупр . Videosedler полупр .	То же То же	3,1 3,1	6,0 6,0	8,0 8,0	Погрузчиком То же
Metso Minerals (Savalko), Швеция	HP -27 на шасси	Автомобиль самосвал	2,7	1,1- 2,5	6-8	То же

Смесители-укладчики ЛЭМС

Производитель, страна	Индекс машины, тип	Базовая ма- шина	Ширина обработ- ки, м	Емкость бака, м3	Емкость бункера, м3	Производи- тельность мешалки, т/мин.
ОАО «Дормашин- на», Украина	ДН-009 полуприцеп ДН-012 полуприцеп	КрАЗ-6443 То же	2,5-3,75 2,5-3,75	2,3 + 2,3 4,5 + 4,5	10 13,0	2,0 2,0
Vally Slarry Seal, США	Минимак, циклич. Маккропейвер, циклич.	Автошасси То же	2,0-2,5 2,5-3,6	1,1 2,6-3,2	2,7 7,7-9,2	1,0 2,7-3,6
Breining Германия	Минисларриматик, цикл. Сларриматик С-Н 6000, цикл. С-Н 8000, циклич. С-Н 1000, циклич. Сларриматик С-Н 10000, непр. С-Н 12000 непр. С-Н 15000 непр.	То же То же То же То же Спец.Шасси То же То же	2,0-2,5 2,5-3,5 2,5-3,5 2,5-3,5 3,0-4,0 3,0-4,0 3,0-4,0	1,2 2,3 2,5 2,75 3,5 4,0 5,0	2,5 6,0 8,0 10,0 10,0 12,0 15,0	1,0 2,7 3,5 4,0 4,0 4,0 4,0
Akzo - Nobel , США	HD -10, циклич. СБ-504, циклич. СБ-804, циклич. СБ-1000, циклич. ЦРМ-500, непр.	Автошасси То же То же То же Спец.Шасси	2,5-3,0 2,5-3,5 2,5-3,5 2,5-3,5 2,5-3,5	1,2 2,0 2,5 3,0 2,0	2,5 3,8 5,7 7,0 2,7	1,0 2,5 2,5 2,5 2,5
L . M .,	Спандиматик 100,	Автошасси	2,5-3,0	1,2	2,5	1,2

Италия	цикл. Спандиматик 200,	Спец.Шасси То же	2,5-3,5	5,0	3,0	2,5
	непр. Спандиматик 4000, непр.		2,5-3,5	10,0	4,0	4,0

Катки вибрационные и комбинированные

Производитель, страна	Индекс машины	Мощность двигателя, кВт	Ширина вальца, м	Диаметр вальца, м	Частота вибрации, Гц	Масса, т
ЗАО «Раскат», Россия	ДУ-82, вибр.	28	1,3	0,8	50/60	3,5
	ДУ-47, вибр.	44	1,4	1,2	50	7,5
	ДУ-96 ДУ-97	44	1,5	1,07	39/50	8,5 7,6
	ДУ-98 ДУ-99	57,4	1,7	1,2	39/50	11,5 10,5
	ДУ-84 комб.	110	2,0	1,6	31/25	14,0
ОАО «Саста», Россия	W -854.2 W -854 К	54	1,6	1,2	33/50	9,7 9,25
Bomag Германия	BW -125 ADH BW-125 ACH	29	1,2	0,8	50/60	3,4 3,2
	BW-135 AD BW-135 AC	29	1,3	0,8	50/60	3,6 3,4
	BW-138 AD BW-138 AC	29,8	1,39	0,8	46/52	4,2 4,1
	BW-144 AD-2 BW-144 AC-2	51,5	1,5	1,2	39/50	7,5 7,0
	BW-151 AD-2 BW-151 AC-2	51,5	1,68	1,2	39/50	7,2 7,0
	BW-154 AD-2 BW-154 AC-2	51,5	1,68	1,2	39/50	7,9 7,25
	BW-161 AD-2 BW-161 AC-2	70	1,68	1,22	30/45	9,7 9,3
	BW-164 AD-2 BW-164 AC-2	70	1,68	1,22	39/50	9,8 9,7

	BW-180 AD	76	1,68	1,2	42/60	10,85
	BW-184 AD	76	1,68	1,2	42/60	11,8
	BW-202 AD-2	70	2,13	1,22	30/45	10,6
Намм Германия	HD 13 HD 13 K	18,5 21,0	1,3	0,7	55	3,4 3,4
	HD 70 HD 70 K	56,2	1,5	1,14	48/58	7,2 6,9
	HD 75 HD 75 K	61,0	1,68	1,14	48/58	7,6 7,3
	HD 90 HD 90 K	95	1,68	1,2	42/50	9,3 8,65
	HD 110 HD 110 K	95	1,68	1,2	42/50	10,6 9,3
	HD 130 вибр .	95	2,14	1,3	42/50	14,2
	HD 070 V вибр.	56,2	1,5	1,14	48/58 гориз.	7,7
	HD 075 V вибр.	56,2	1,68	1,14	48/58 гориз.	8,2
	HD 090 V вибр.	86	1,68	1,2	42/50 гориз.	9,7
	DV 3.22 DV 3 K	29	1,1	0,8	50	3,6 3,7
	DV 6 S DV 6 KS	51,5	1,4	1,1	42/50	7,3 6,7
	DV 8 S DV 8 KS	6511,68	1,2	1,1	42/50	9,6 8,4
	DV 06 VS вибр.	51,5	1,4	1,1	42/50 гориз.	7,4
	DV 08 VS вибр	65	1,68	1,2	42/50 гориз .	9,3
Ingersoll - Rand, США	DD-32 CR-32	32	1,32	0,75	67	3,2 2,8
	DD-70 вибр .	60	1,45	1,05	55	6,74
	DD-74 вибр .	48	1,5	1,2	33/55	7,2
	CR-80 комб .	52,2	1,65	1,2	33/55	7,9
	DD-90 вибр .	1 82	1,68	1,22	31/42	9,64
	DD-90 HF вибр .	82	1,68	1,22	47/63	9,84
	DD-110 вибр .	93	1,98	1,37	31/42	11,4
	DD-130 вибр .	129,8	2,13	1,4	42/71	12,9
	CR -94 комб.	59	1,7	1,3	33/50	9,4

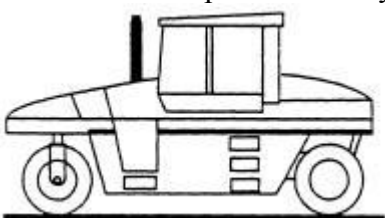
Пневмоколесные катки различаются по массе (без пригруза и с пригрузом), ширине укатки , количеству шин и мощности двигателя (табл . 39.19).



Каток вибрационный двухосный



Каток комбинированный двухосный



Каток пневмоколесный самоходный

Катки статические пневмоколесные

Производитель, страна	Индекс машины	Мощность двигателя, кВт	Ширина уплотнения, м	Размер шин	Количество шин, шт.	Масса, т
ЗАО «Раскат», Россия	ДУ -100	57,4	2,0	320-508	8	14
	ДУ -101	110,0	2,0	320-508	8	16
Caterpillar, США	PS -150 B	60	1,73	7,5 x 15	11	4,9-12,94
	PS -200 B	80	1,73	7,5 x 15	9	4,1-18,15
	PS -360 B	77,5	2,28	14,7×20	7	8,5-25,0
	PF -300 B (PS-300B)	80	2,42	13,8×20	7	14,0-23,3
	PS-500	112	2,42	15,00 R 24	7	19,0-35,0
Hamm Германия	GRW 10	86	1,99	11,00×20	8	8,8-20,0
	GRW 15	86	1,99	11,00×20	8	11,5-24,0
	GRW 18	86	1,99	11,00×20	8	14,5-28,0

Катки статические с гладким вальцом

Производитель,	Индекс	Мощность	Ширина	Диаметр	Линейное	Масса,
----------------	--------	----------	--------	---------	----------	--------

страна	машины	двигателя, кВт	уплотнения, м	валяца, м	давление. Н/см	т
ЗАО «Раскат», Россия	ДУ-93-1	44	1,4	1,2	290	8,5
	ДУ-98-1	44	1,7	1,2	250	8,5
Hamm Германия	HW 90 B/8	51,5	1,55	1,1	291 и 445	8,6
	HW 90 B/10					
	HW 90 B /12					
		51,5	1,55	1,1	364 и 555	10,6
		51,5	1,55	1,1	436 и 664	12,6

Лекция 6. **СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Дорожная отрасль, которая включает в себя обширный комплекс вопросов, связанных с проектированием, строительством, ремонтом, реконструкцией и эксплуатацией линейных и нелинейных дорожных сооружений, стала одной из первых вслед за гражданским строительством, где внедрение геосинтетики достигло самых больших объемов, рост которых продолжается и по сей день.

Геотекстильные материалы претерпели существенное развитие с тех пор, как в 1970 г. в гражданском строительстве началось их массовое применение, а дорожная отрасль подхватила эту эстафету. Появилось много новой и разнообразной продукции, изготовленной по специальным технологиям, в том числе и из различного сырья со значительной степенью соответствия предъявляемым требованиям для применения. Разработаны специальные нормы, регламентирующие условия использования геосинтетических материалов и требования к ним. В этом аспекте зарубежная практика значительно опередила российскую.

Факторами, определяющими, будет ли геосинтетический материал выполнять требуемые от него функции, являются следующие его свойства: механические, гидравлические, эксплуатационные показатели в условиях той или иной грунтовой среды, куда он будет помещен. Это прежде всего такие показатели, как номинальная прочность, деформативность, фильтрационная способность, ползучесть, долговечность, фрикционные показатели. Именно они обеспечивают придание новых качеств дорожной конструкции, изменение соответствующих технологических регламентов ее устройства. Рассматривая в настоящем обзоре современные мировой уровень и опыт применения геосинтетики и геопластики в дорожной отрасли, целесообразно в первую очередь сделать небольшой исторический экскурс в части развития отечественного опыта.

Принятая Минтрансстроем СССР в 70-80-х годах программа совершенствования геотекстильных материалов и расширения рациональной области их применения при проектировании и строительстве автомобильных и железных дорог, аэропортов, портов и причалов послужила благоприятным фактором не только для создания и расширения базы по изготовлению таких материалов, но и существенному повышению качества дорожного и транспортного строительства.

Первые опытные работы были выполнены Союздорнии на автомобильной дороге Москва - Рига. Исследования, проведенные на опытном участке одной из «мокрых» выемок, послужили отправной точкой по разработке области применения нетканого материала тогда ещё существующей фирмы «Рон-Пуленк» для обеспечения стабильности

переувлажнённых выемок. Исследования велись в двух направлениях: геотехническом и водно-теплого режима. Последующие наблюдения позволили разработать первые требования к дорожным конструкциям, в которых необходимо или целесообразно использовать геосинтетические материалы в качестве дополнительного фильтра, армоэлементов и разделительной прослойки. На первом этапе эти требования касались только нетканых иглопробивных материалов отечественного и зарубежного производства, но, тем не менее, определили в первом приближении направленность применения геосинтетических материалов в дорожной отрасли.

Для последующих целенаправленных научных исследований под эгидой Союздорнии было сформировано специальное направление в дорожной геотехнике (дорожная геосинтетика), которое определило объём исследований и дальнейшие пути практического использования геосинтетических материалов.

Был установлен основной принцип рационального применения рассматриваемых материалов: расчёт дорожной конструкции с определением «узких мест» работы её элементов и далее переход к конкретным требованиям для геосинтетических материалов, которые и должны воспринимать дефицит усилий, изменить условия дренирования, обеспечить в целом требуемую надёжность и долговечность дорожных сооружений.

Именно это позволило в первоначальном объёме определить комплекс требований к геосинтетическим материалам при их совместной работе с конструктивными элементами насыпей, выемок и их естественных оснований. Поскольку речь идёт о совместной работе прежде всего с грунтовыми сооружениями, то одновременно устанавливался комплекс требований к грунтам с искусственной и естественной структурой.

В рассматриваемый период были разработаны методики, которые позволили выполнить комплекс необходимых исследований и определить, с одной стороны, показатели физико-механических свойств геотекстильных материалов, а с другой - соответствующих систем: грунт (или другой дорожно-строительный материал) + геосинтетический элемент. Три показателя исследовались в достаточно широком аспекте: фильтрационная и водоотводящая способность, номинальная (предельная) прочность и соответствующая ей деформативность.

В 1977 г. был создан в содружестве с группой отечественных институтов первый нетканый геотекстильный материал Дорнит и осуществлено его массовое производство. Получены опытные партии из расплава полимера. Результаты исследований отражены в первых документах и конструктивно-технологических решениях для нефтепромысловых дорог Западной Сибири, что в значительной степени способствовало увеличению темпов и качества их строительства.

Несмотря на возможность применения в семидесятые годы геосинтетического материала только одного типа, а именно нетканого, в Союздорнии на его основе были разработаны конструкции и соответствующие технологии для условий Западной Сибири, включая районы распространения вечномёрзлых грунтов. Такие конструкции по своей структуре и учёту механизма взаимодействия грунта и геосинтетического материала предопределили многие современные решения, которые базируются на более прочных и менее деформативных современных материалах. Речь идёт о конструкциях «грунт в обойме», в том числе и использование мёрзлого комковатого грунта, различных типов разделительных элементов, которые в определённых условиях использовались для снижения неравномерности осадки слабого основания при сезонном оттаивании деятельного слоя под нагрузкой от веса насыпи и воздействий тяжёлого построечного и эксплуатационного транспорта. Типовыми решениями стали конструкции сборного железобетонного покрытия с разделительным и антикользящим элементом из

нетканого геосинтетического материала, а также временных дорог с прослойкой из геосинтетического материала в основании.

Выполненные полевые и экспериментальные исследования позволили обобщить полученные результаты и внести их в соответствующие разделы нормативных документов: СНиП 2.05.02-85, СНиП 3.06.03-85, ВСН 26-90, ВСН 84-89.

Возможность регулирования напряжённо-деформированного состояния геотехнических сооружений в сложных инженерно-геологических условиях с помощью геосинтетических материалов была реализована при разработке ряда специальных документов для дорожной отрасли (рекомендаций по выбору проектных решений нефтепромысловых дорог в районах Ямбурга и Уренгоя, технических условий по Ямалу, рекомендаций по технологии сооружения земляного полотна из грунтов повышенной влажности для условий Нечерноземной зоны России и других).

В 90-е годы значительный импульс в плане возобновления и проведении исследований на современном уровне дала первая Международная конференция Объединённой Европы по дорожной геосинтетике в г. Маастрихте, где сотрудники Союздорнии выступали с освещением опыта применения геосинтетики при проектировании и реконструкции МКАД. Результаты представленных исследований были отмечены почётными дипломами и наградами [2].

Все последующие международные и российские конференции, проводимые с 1998 г. уже регулярно, объединили отечественных производителей и потребителей, проектировщиков и исследователей для целенаправленных совместных действий в части рационального применения геосинтетических материалов в дорожной отрасли. Подобное объединение не исключало рабочие контакты с ведущими зарубежными фирмами и использование их продукции, научного и технического потенциала наряду с отечественными материалами [16, 17, 18].

Был выполнен научный и инженерный анализ продукции таких ведущих фирм в области геосинтетических материалов, как «Хьюскер», «Дюпон», «Полифелт», «Тензар», Тепах, «Геотерра», «Фазер-Техник», Prestorus, Geoweb. Особое внимание при этом уделено работе научно-технических центров при фирмах-производителях. В частности, на совместных семинарах изучался опыт научно-технического и инженерного сопровождения проектирования и строительства сложных объектов, где использованы геосинтетический материал, расчётный аппарат, программные продукты.

Основной объём собственных исследований был направлен прежде всего на формирование пакета первичных документов (ТУ) для отечественных производителей. Были исследованы, в частности, нетканые геотекстильные материалы более 50 отечественных фабрик. В результате разработаны требования, сформированы и согласованы ТУ, выполнены сертификационные исследования нетканых материалов, включая большой объём лабораторных испытаний. Накопленный материал позволяет уже сейчас разработать общие требования и рекомендации именно к нетканым материалам отечественного производства, которые в настоящее время наиболее широко используются в дорожной отрасли. Исследовались также материалы ряда зарубежных фирм [19]. По результатам исследований установлены рациональные области применения геосинтетических материалов различных типов в элементах дорожных конструкций. Следует отметить, что диапазон выполненных работ включал в себя исследования изменчивости прочностных и деформационных свойств, фильтрационной способности этих материалов, способности выдерживать локальные нагрузки в зависимости от физических показателей и особенностей технологии изготовления. Первичный пакет созданных совместно с производителями документов, по мнению автора обзора, можно

принять за основу для дальнейшего развития и формирования отечественной нормативной базы, хотя этот процесс в значительной степени затянулся.

С целью расширения номенклатуры геосинтетических материалов был выполнен значительный объём исследований пластиковых объёмных георешёток, предназначенных, прежде всего, для укрепления конусов и откосов земляного полотна. На основе результатов лабораторных и экспериментальных исследований разработаны методические рекомендации, руководство и осуществлено их широкое внедрение на МКАД, автомагистралях «Дон», «Крым» и многих других. Конструкция стала типовой и может быть внесена в альбом по укреплению конусов и откосов. В настоящее время ведутся исследования этих материалов с целью их применения в конструкциях дорожных одежд и естественных оснований при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Для армирования асфальтобетонных покрытий комплекс выполненных исследований совместно с фирмой «Стеклопрогресс» позволил разработать новые виды стеклосеток с любой размерностью ячеек, хорошей когезией и прочностью не менее 40 кН/пог.м. Создана линия и начат выпуск отечественного армирующего материала. В 2001 г. был выполнен комплекс опытных работ на базе Владимироводора для автомобильных дорог III и IV категорий. Росавтодором разработаны и выпущены методические рекомендации по использованию базальтовых сеток для указанных целей.

Для исследования работоспособности зарубежных нетканых, тканых и решетчатых материалов были выполнены конструктивно-технологические проработки армогрунтовых сооружений на слабых грунтах, в откосах повышенной крутизны, дренажных сооружениях, аэродромных конструкциях. Всё это позволило разработать собственную концепцию рационального применения геотекстильных материалов для дорожного строительства и, в частности, для КАД вокруг Санкт-Петербурга. Такая концепция исходит из взаимосвязи геотехники, механики грунтов и основных требований к дорожной геосинтетике. Она базируется на инженерно-геологическом анализе условий проектирования и строительства, оценке устойчивости, осадки, времени её прохождения. Особое значение при этом приобретают требуемые сроки устройства дорожной одежды, что в определённых случаях вызывает необходимость устройства безосадочных насыпей на сваях с ростверком из прочных геосинтетических материалов.

Нельзя не отметить значительный объём полевых исследований и наблюдений, связанный с применением теплоизолирующих материалов типа Пеноплекс, которые Союздорнии осуществил совместно с дирекцией ДСД «Центр» на автомобильных дорогах «Дон» и «Крым».

В настоящее время, наряду с лабораторными, полевыми и экспериментальными, ведутся теоретические исследования по созданию комплекса методик и программных продуктов для расчётного аппарата, необходимого при проектировании дорожных конструкций с использованием геотекстильных и геопластиковых материалов различного направления.

Среди разработанных Союздорнии конструкций с геосинтетическими элементами следует выделить такие, как: насыпи с вертикальными ленточными дренами (взамен песчаных) при строительстве дорог на болотах; конструкции укрепления подтопляемых откосов, защиты от водной и ветровой эрозии; конструкции дренажных сооружений; армогрунт; прослойки в конструкциях дорожных одежд со сборными типами покрытий и ряд других.

Такие конструкции позволяют повысить надёжность дорожных сооружений, снизить объём использования естественных зернистых материалов, разрабатывать принципиально новые решения.

В дорожной отрасли, как отечественной, так и зарубежной, с помощью геосинтетики успешно решаются следующие задачи:

- ☐ устройство разделительных прослоек между различными по свойствам и назначению конструктивными элементами дорожной конструкции, особенно в различных средах (по составу или состоянию);
- ☐ армирование элементов земляного полотна и дорожной одежды и защита монолитных слоев от отраженных трещин покрытий дорог и аэродромов;
- ☐ укрепление конусов путепроводов и мостов, откосов, склонов от водной, ветровой эрозии и других форм нарушения местной устойчивости;
- ☐ устройство дренажей (траншейных, пластовых, откосных) повышенной надежности и долговечности;
- ☐ применение гидроизолирующих и термоизолирующих прослоек;
- ☐ использование геосинтетики и геопластики в качестве армоэлементов для армирования конструкции земляного полотна и насыпей с откосами повышенной крутизны;
- ☐ разработка специальных решений в виде конструкций «грунт в обойме» при необходимости применения грунтов различного состава, состояния, температуры;
- ☐ строительство временных и подъездных дорог с использованием геосинтетики и геопластики в качестве технологических прослоек, особенно при наличии слабых оснований.

Возможны и другие области применения этой весьма широкой номенклатуры геосинтетики и геопластики, которая производится в настоящее время во всем мире. Вместе с тем, при таком количестве и различном качестве материалов особое значение приобретают следующие аспекты: выбор рациональных типов конструктивных решений; методы расчета, в том числе и программные продукты, позволяющие создавать и использовать необходимые в подобных случаях системы управления базами данных; степень эффективности. Что касается степени эффективности, то здесь необходимо, по мнению автора обзора, исходить из комплексной оценки конкретных решений, которые включают в себя в качестве конструктивных элементов геосинтетические и геопластиковые материалы. Основные направления получения того или иного эффекта сводятся к:

- ☐ повышению (или обеспечению) надежности и долговечности конструкции;
- ☐ снижению материалоемкости;
- ☐ уменьшению стоимости;
- ☐ повышению технологичности, качества производства работ, возможности контроля в заводских и производственных условиях.

При всём при этом первостепенное значение приобретает долговечность используемых материалов, а, следовательно, и сооружений с элементами из них. Это связано прежде всего с тем, что геосинтетика - это полимерный материал.

Долговечность геосинтетических и геопластиковых материалов, используемых в дорожной отрасли, определяется комплексом факторов и условий, основными из которых являются: исходное сырье; погоднo-климатические воздействия; реакция среды строящегося объекта или отдельных конструктивных элементов; солнечная радиация; расчетные нагрузки и воздействия в процессе строительства и эксплуатации.

Долговечность применяемых геосинтетических и геопластиковых материалов высокая (40-120 лет), если материалы не получили серьезные повреждения в процессе строительства и были своевременно защищены от солнечной радиации. Вместе с тем, следует учитывать чувствительность материалов из полиамида к воздействию сильных щелочей и кислот, а также их набухание в водной среде. Не следует также допускать длительное применение материалов из полиэфира в грунтовых средах с показателем кислотности $\text{pH} > 10$.

Долговременная прочность геосинтетических и геопластиковых материалов определяется временем до их разрушения под влиянием длительного воздействия постоянной нагрузки и приростом деформации во времени. Полрт">

ГЕОРЕШЕТКИ

Георешетка – объемная сотовая конструкция из полимерных или синтетических лент, скрепленных между собой в шахматном порядке. В рабочем состоянии образует модульную ячеистую конструкцию.

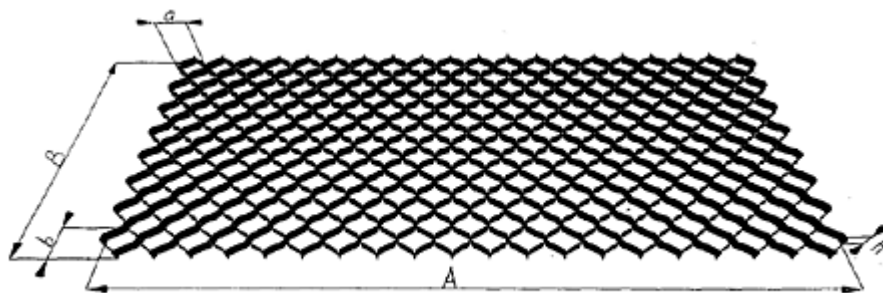


Рис. 1. Общий вид георешетки в рабочем (развернутом) состоянии.

Крепление геокаркаса на поверхности откоса осуществляется с помощью Г-образных нагелей длиной 70-110 см (рис. 2), изготовленных из арматуры 10-12 мм, или с помощью пластмассовых анкерных крюков.



Рис. 2. Монтажный нагель.

В качестве заполнителя ячеек применяется растительный грунт или торфо-песчаная смесь, с последующим посевом семян многолетних трав. В зоне водоотводного лотка ячейки должны быть заполнены щебнем или бетоном (рис.3).

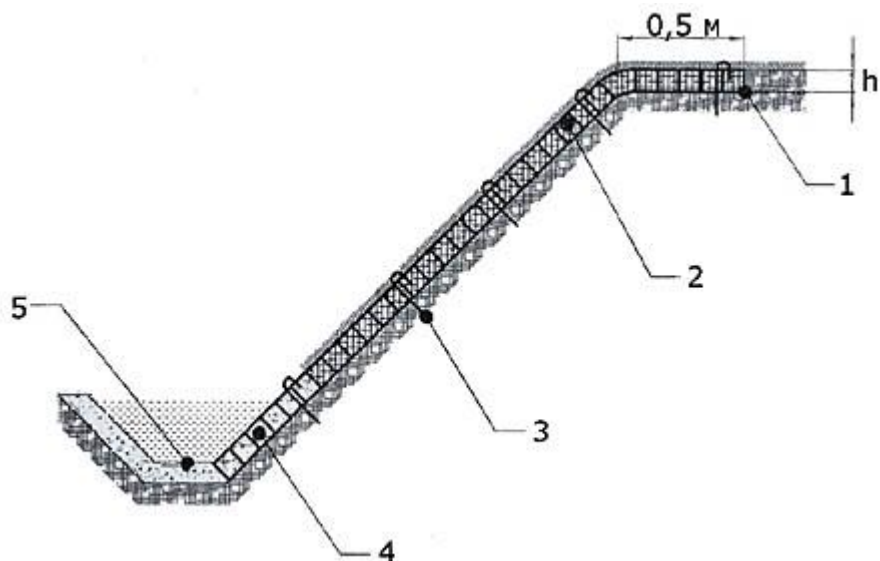


Рис. 3. Конструкция укрепления откоса (вариант А).

*1 – Геокаркас. ; 2 - растительный грунт;
3 - нагель; 4 - бетон или щебень; 5 - водоотводной лоток.*

На наиболее критичных участках, для повышения общей устойчивости откоса, могут быть установлены габионные конструкции или бетонный упор у основания (рис. 4)

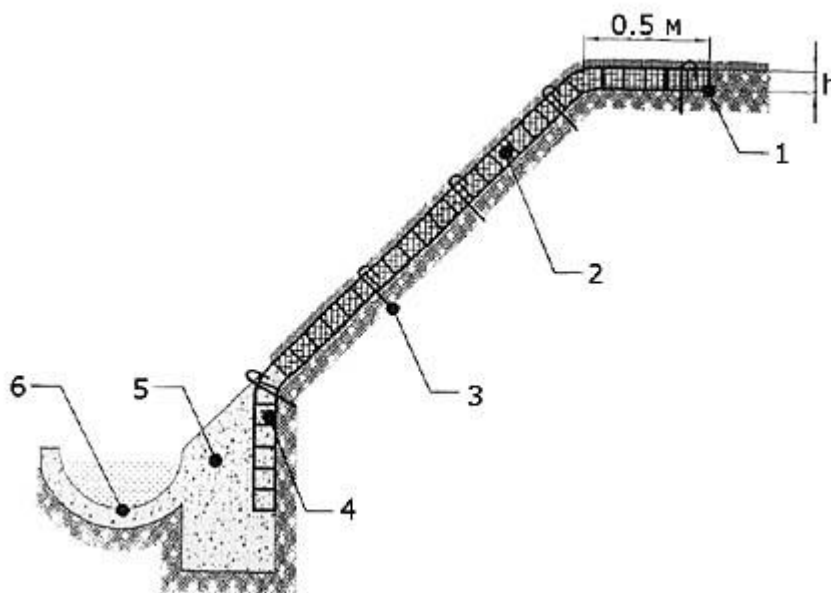


Рис. 4. Конструкция укрепления откоса (вариант Б).

*1 - Геокаркас; 2 - растительный грунт;
3 - нагель; 4 - бетон; 5 - бетонный упор; 6 - водоотводной лоток.*

Технология выполнения работ:

1. Планировка поверхности откоса, с использованием механизмов или ручного инструмента: лопаты, скребки - гладилки и т.д.
2. Если откос отсыпной, производится уплотнение верхнего слоя, с помощью ручного катка или виброплиты.
3. Модули геокаркаса разворачиваются и фиксируются по периметру. В верхней части откоса георешетка должна выходить на горизонтальную поверхность (минимально на 0,5 м от бровки) и заглубляться относительно верхней нулевой отметки на величину h (рис. 3, 4).
4. Затем, каждый модуль геокаркаса фиксируется нагелями. Соединение соседних модулей производится с помощью пневмостеплера или за счет анкеровки их общими нагелями.

ГЕОМАТЫ

Рулонный материал. Представляет собой трехмерную панель из волокон полипропилена – ворсистый коврик из полипропиленовых нитей диаметром 0,65 мм. (рис.5).



Рис.5 Геомат

Благодаря ворсистой лицевой поверхности и значительному количеству пустот (более 90%) аккумулирует на себе частички грунта и препятствует эрозии поверхностного слоя почвы. Аккумуляция частиц грунта способствует росту растительности, прорастающей сквозь него, что придает укрепленному откосу естественный вид (рис. 6).

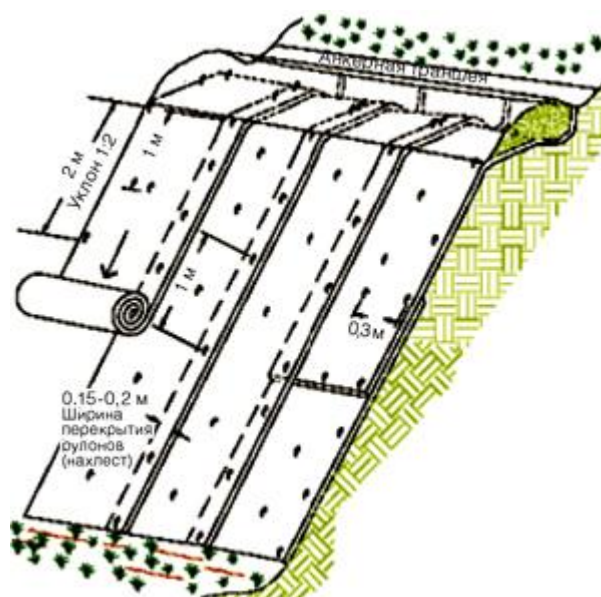


Рис.6 Расположение материала на откосе

БИОМАТЫ

Биомат - полотно из растительных волокон (соломы, кокосового волокна или их смеси), укрепленных полипропиленовой или джутовой нитью.



Одним из неоспоримых преимуществ **биомата** является быстрое и эффективное озеленение укрепляемого участка.

Практика показывает, что полное озеленение территории наступает в среднем в течение 2 месяцев.

Биоматы производятся и поставляются в рулонах, что обеспечивает лёгкость укладки материала: достаточно раскатать рулон по склону с перекрытием соседних слоёв, закрепить **биомат** специальными деревянными колышками с определённым шагом, а также при необходимости засеять семенами.

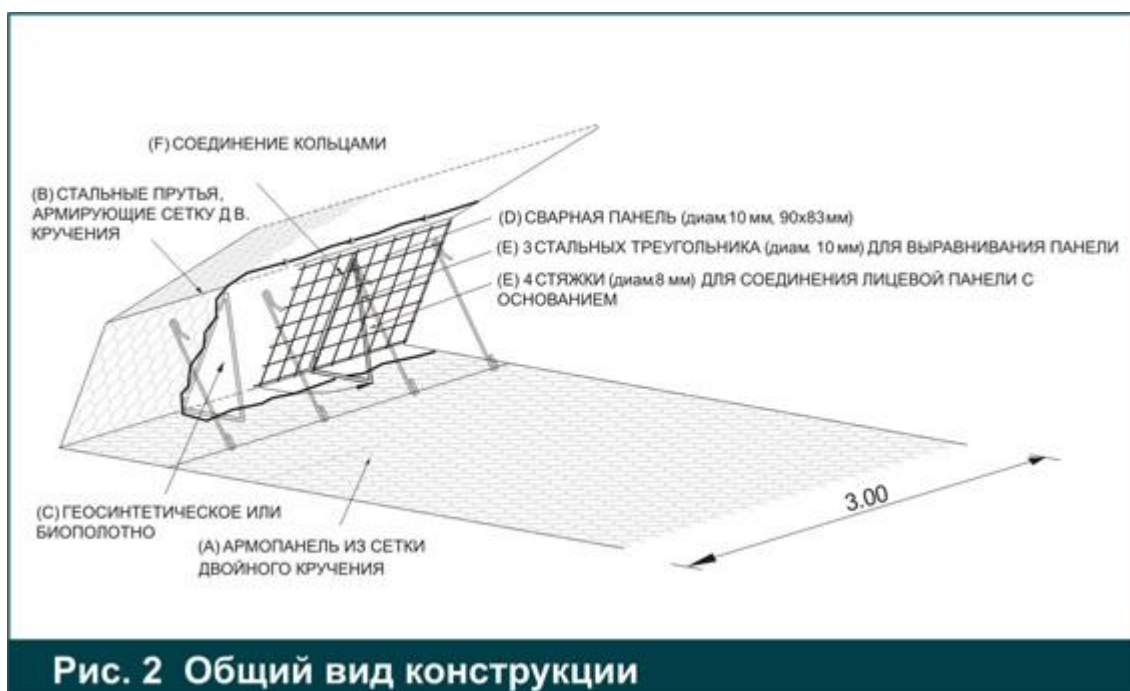
СИСТЕМА ЗЕЛЕНый ТЕРРАМЕШ

Система Зеленый Террамеш - это экологическая модульная система **армирования грунта**, используемая для крепления неустойчивых массивов грунта склонов и откосов насыпей с озеленением поверхностей (рис.1).

При формировании конструкций модули **Системы Зеленый Террамеш** располагаются горизонтальными слоями. Шаг армирования определяется в соответствии с проектом для обеспечения устойчивости массива грунта.



Модули **Системы Зелёный Террамеш** являются сборными конструкциями, состоящими из сетки, изготавливаемой из проволоки двойного кручения, геосинтетического или биоразлагаемого полотна, сварной армопанели и двух стальных ребер жесткости, форма которых соответствует требуемому углу наклона 50° - 60° - 70° (рис. 2).



С внутренней стороны внешней грани модуля **Системы Зелёный Террамеш** крепятся *геосинтетическое или биоразлагаемое полотно*, армопанель и стальные ребра

жесткости. Геосинтетическое или биополотно укрепляет грунт обратной засыпки и создает идеальные условия для скорейшего восстановления растительного покрова.

Наиболее важными характеристиками модульных **Систем Зеленый Террамыш** являются следующие: экологичность, прочность конструкции и экономичность.

ГАБИОНЫ

Благодаря своим уникальным свойствам габионные конструкции не только успешно конкурируют с бетонными и железобетонными, но и успешно заменяют их.

По завершении консолидации габионное сооружение приобретает максимальную прочность и устойчивость. На этом этапе основные расчетные нагрузки уже не играют никакой роли, а габионная конструкция становится частью общего ландшафта.

Пористая структура габиона придает сооружениям великолепные дренажные свойства, что исключает возможность возникновения одного из основных факторов нестабильности конструкций – гидростатических нагрузок. Высокие дренажные свойства габионов позволяют в большинстве случаев строить подпорные стены без сопутствующего застенного дренажа, что способствует удешевлению конструкции, а её водопроницаемость создает идеальные условия для появления растительности, повышая с годами эффективность сооружения.

Благодаря тому, что габионные конструкции не препятствуют росту растительности, они сливаются с окружающей средой, представляя собой естественные строительные блоки для восстановления, оздоровления и украшения ландшафтов.

Лекция 7. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ И СОДЕРЖАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ПЛАН

- 1. Профилактика разрушений.*
- 2. Ликвидация трещин.*
- 3. Местный выравнивающий ремонт.*
- 4. Устройство защитных слоев.*
- 5. Сплошной выравнивающий ремонт.*
- 6. Выравнивание проезжей части при усилении.*

1. ПРОФИЛАКТИКА РАЗРУШЕНИЙ

(Пластификация асфальтобетонных покрытий с целью восстановления верхних слоев)

При хорошей ровности проезжей части (а это свидетельствует о достаточной прочности дорожной конструкции) на асфальтобетонных покрытиях *возможно возникновение редких трещин произвольного начертания.*

Это начальная стадия разрушения асфальтобетонных покрытий и связана, как правило с повышением *жесткости* материала покрытия, а точнее *жесткости битума* за счет процессов его «старения».

Предотвратить развитие этих разрушений можно «омолаживанием» поверхности покрытия путем ее пластификации реагентами, разжижающими вязущий материал покрытия.

«Омолаживание» достигают при розливе на поверхности покрытия пластифицирующего материала, способного проникать в покрытие на глубину нескольких мм и разжижать битум, не снижая его сцепления с каменным материалом.

Основой всех пластификаторов являются *нефтяные масла* с большим содержанием *ароматических углеводов*.

«Омолаживающие» составы применяют в виде *прямых катионных эмульсий*, таких как:

- рекламит (США);
- циклоген (США);
- жильбинд (Франция);
- С-122 (Испания) и др.

В *отечественной практике* в *качестве эмульгаторов* могут быть использованы:

- госсиполовая смола;
- моторная нефть;
- антраценовое масло;
- гудроны.

К сожалению, в настоящее время нет информации о положительном отечественном опыте «омолаживания» покрытия.

(технология):

1. Очистка покрытия от пыли и грязи механическими щетками.
2. Обработка покрытия *смачивателем* (моющее средство ____%) с целью увеличения глубины проникания эмульсии в покрытие.
3. Розлив эмульсии в количестве 0,8 – 1,0 л/м². (*Разливают эмульсию за один или два приема*)
4. Россыпь песка в количестве 3 кг/м² после *каждого розлива* эмульсии.
5. Движение по участку открывают через 2-3 часа. Скорость движения ограничивают в течение 10 суток до 40 км/ч и в течение этого времени регулируют движение по ширине проезжей части.

2. ЛИКВИДАЦИЯ ТРЕЩИН

Выбор способа их устранения зависит от вида, размера и причин их образования.

Трещины принято *классифицировать* следующим образом:

- тонкие - шириной < 3 мм;
- узкие - шириной 3-5 (7) мм;
- средние - шириной 5(7)-10 мм;
- широкие - шириной > 10 мм.

Существуют следующие методы устранения трещинообразования:

1. ОСТАНОВКА ТРЕЩИН

Развитие одиночных, преимущественно *температурных* трещин можно остановить, если *уменьшить концентрацию напряжений*, действующих *в их вершинах*.

Для этого перед вершиной трещины необходимо устроить *лунку, канавку, прорезь или зарубку на глубину 2/3 толщины слоя покрытия*.

>0	>	>
лунка	канавка	зарубка
или прорезь		

Средства механизации:

Лунки и канавки вырубают *отбойным молотком*;

Прорези – *дисковой пилой*.

Как правило, трещина останавливается перед такой преградой, *не развивается в длину*.

Искусственно созданное углубление перед трещиной, как и саму трещину, необходимо заполнить гидрофобным материалом.

Поскольку *трещины на покрытии являются очагами агрессивного воздействия воды*.

Поэтому необходима их гидроизоляция.

Способ ремонта трещин зависит от их ширины.

2. ИЗОЛЯЦИЯ ТОНКИХ ТРЕЩИН

Одиночные тонкие трещины (менее 3 мм) трудно очистить и заполнить вяжущим материалом.

В этом случае вяжущий материал (битум) разливают над трещиной по заранее очищенной поверхности полосой шириной 8-10 см с расходом:

- битума – 0,2 л/п.м.;
- песок – 0,3 кг/п.м. (полосу обязательно нужно засыпать песком....).

Самым простым способом ликвидации *одиночных тонких трещин* является их заклеивание тонкослойными материалами.

Выпускают специальные ленты из тонкослойной резины, полипропилена, полихлорвинила. (*В США применяют стекловолоконо*).

Технология: (проста) – Поверхность покрытия в зоне трещины *очищают*, смазывают *клеящим составом* и *накрывают ленточным* материалом, смазывают *битумом* и посыпают *песком*.

В последние годы налажен выпуск *самоклеющихся лент*. Внешняя сторона ленты покрыта *абразивным* материалом.

Сетку тонких трещин можно изолировать только поверхностной обработкой.

При малой площади ремонтных работ битум разливают из лейки (1 л/м²), щебень фр. 5-10 (мелкий) рассыпают лопатой (0,015 м³/м²) разравнивают гладилкой и уплотняют ручным катком

При большой площади – по технологии устройства одиночной поверхностной обработки (автогудронатор, щебнераспределитель, каток).

3. ЗАПОЛНЕНИЕ ТРЕЩИН

Значительные по ширине трещины необходимо заполнить материалом, способным склеивать кромки трещины, противостоять воздействию природно-климатических факторов, воспринимать нагрузки от транспортных средств.

При ремонте таких трещин необходимо выполнить пять технологических операций:

- очистка трещины (стальной щеткой);
- продувка сжатым воздухом;
- подгрунтовка (обмазка) жидким битумом 0,1 – 0,15 л/м²;
- заполнение трещины;
- засыпка песком (*горячим*).

Выбор заполнителя в первую очередь зависит от ширины трещины:

Узкие трещины (3-5 мм) – заполняют жидким или разжиженным вязким битумом с россыпью песка по битуму.

Средние трещины (5-10 мм) – вязким битумом, ПБВ или битумной мастикой.

Состав мастик:

Битум вязкий – 60%

Мин. порошок – 25%

Стабилизирующие добавки

(резиновая или асбестовая крошка) – 5%.

Трещины заполняют с избытком. После удаления избытка мастики трещину присыпают горячим песком.

Широкие трещины (> 10 мм.) песчаной или МЗ асфальтобетонной смесью.

Широкие трещины с разрушенными краями разделяют, вырубая асфальтобетон полосой 10-15 см с каждой стороны на всю толщину деформированного слоя. Разделанные трещины заделывают так же, как и выбоины.

3. МЕСТНЫЙ ВЫРАВНИВАЮЩИЙ РЕМОНТ

а) Срезка выступающих неровностей.

б) Ямочный ремонт.

а) Срезка выступающих неровностей

Отдельные неровности покрытия с чередующимися выступами и впадинами (волны, гребенка...) срезают фрезой.

За рубежом выступы срезают, профилировщиком с вольфрамовыми резцами, алмазной цилиндрической пилой.

Помимо холодного фрезерования выполняют фрезерование с предварительным разогревом материала покрытия (США, ФРГ, Англия).

б) Ямочный ремонт

Дорожные службы всего мира ежегодно выполняют значительные объемы работ по ликвидации появившихся дефектов.

Из опыта известно, что поверхность покрытия, нуждающаяся в ямочном ремонте, ежегодно составляет до 2-3% от общей площади покрытия дороги.

Подобное систематическое «лечение» дорожного покрытия осуществляется различными методами, средствами и материалами.

Главная цель ямочного ремонта – обеспечить безопасное движение автомобилей.

ГОСТом Р 50597-93 «Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения» установлены предельно допустимые площади повреждений покрытия и сроки их ликвидации после обнаружения.

Автомобильные дороги общего пользования, а также городские дороги и улицы по их транспортно-эксплуатационным характеристикам делятся на три группы:

- группа А – автомобильные дороги с N более 3000 авт/сут;
- группа Б - автомобильные дороги с N от 1000 до 3000 авт/сут; группа В - автомобильные дороги с N менее 1000 авт/сут.

Предельно допустимые повреждения и сроки их ликвидации

Группа	Повреждения на 1000 м ² покрытия, м ² , не более	Сроки ликвидации, сут., не более
А	0,3 (1,5)	5
Б	1,5 (3,5)	7
В	2,5 (7,0)	10

Примечание: в скобках – значения для весеннего периода.

Предельные размеры отдельных просадок, выбоин и т.п. не должны превышать:

- по длине – 15 см,
- ширине – 60 см,
- глубине – 5 см.

Как правило, все работы по ямочному ремонту выполняют *ранней весной*, как только позволят погодные условия и состояние покрытия.

Летом и осенью заделку выбоин и ям производят немедленно после их появления.

Выбор технологического метода ямочного ремонта должен отвечать следующим требованиям или критериям:

- высокое качество заделки дефекта, соответствующее показателям плотности, прочности, ровности и шероховатости основной части покрытия;
- продолжительный срок службы отремонтированного места;
- наличие или доступность требуемых материалов, машин и установок для выполнения ремонта по выбранному методу;
- сложность или простота реализации намеченного метода ремонта в различных погодных условиях;
- оперативность открытия движения транспорта по месту ремонта;
- низкая стоимость или высокая экономичность ремонтных работ.

По типу применяемого ремонтного материала различают две группы способов ямочного ремонта:

- *горячие;*
- *холодные.*

Технология и организация работ различными способами имеют свои особенности.

Однако для всех способов ямочного ремонта есть общие технологические операции, которые выполняются в определенной последовательности.

Все эти операции можно разделить на:

- подготовительные;
- основные;
- заключительные.

Подготовительные работы включают в себя:

- установку ограждения мест производства работ, дорожных знаков и устройство освещения, если работы выполняют в ночное время;
- разметку мест ремонта (карт);

Разметку мест ремонта (карт ремонта) производят при помощи натянутого шнура или мелом с помощью рейки. Место ремонта очерчивают прямыми линиями, параллельными и перпендикулярными оси дороги, придавая контуру правильную форму и захватывая неповрежденное покрытие на ширину 3...5 см. Несколько выбоин, находящихся на расстоянии до 0,5 м одна от другой, объединяют в общую карту.

- вырубку, разломку или фрезерование поврежденных участков покрытия и уборку снятого материала;

Вырубку, разломку или фрезерование покрытия в пределах размеченной карты производят на толщину разрушенного слоя покрытия, но не менее 4 см по всей зоне ремонта.

При этом, если выбоина по глубине затронула нижний слой покрытия, то разрыхляется и удаляется толщина нижнего слоя с разрушенной структурой.

Очень важно снять и удалить весь разрушенный и ослабленный слой асфальтобетона, захватывая по всему размеченному контуру полосу шириной не менее 3...5 см из прочного, неразрушенного асфальтобетона. Нельзя оставлять не удаленными эти краевые полосы выбоины, поскольку монолитность асфальтобетона здесь ослаблена за счет образования микротрещин, расшатывания и выкрашивания отдельных щебенки из стен выбоины (рис. 13.10, а). В выбоине собирается вода, которая под динамическим воздействием колес автомобилей проникает в межслойное пространство и ослабляет сцепление верхнего слоя асфальтобетона с нижним.

Поэтому, если оставить ослабленные края выбоины, то после укладки ремонтного материала через некоторое время ослабленные края могут разрушаться, вновь уложенный материал потеряет связь с прочным старым материалом и начнется развитие выбоины.

Стенки кромок выбоины после вырубления должны быть вертикальными по всему контуру.

Вырубка и разломка покрытия может осуществляться при помощи:

- отбойного пневматического молотка;
- лома,
- бетонолом;
- нарезчика швов;
- рыхлителя;
- дорожной фрезы.

При использовании дорожной фрезы для разделки выбоины образуются округленные передняя и задняя стенки выбоины, которые должны быть обрезаны дисковой пилой или отбойным молотком. В противном случае верхняя часть уложенного слоя ремонтного материала в местах сопряжения со старым материалом будет очень тонкой и быстро разрушится (рис. 13.10, в).

- очистку выбоин от остатков материала, пыли и грязи;

Разрыхленный материал старого покрытия удаляется из выбоины вручную, а при использовании дорожной фрезы снятый материал (гранулят) погрузочным конвейером подается в самосвал и вывозится.

Очистку карты осуществляют с помощью лопат, сжатого воздуха, а при большой площади карты – с помощью подметально-уборочных машин.

- просушку дна и стенок выбоины, если ремонт производится горячим способом при мокром покрытии;

Просушку дна и стенок карты производят по необходимости путем продувки горячим или холодным воздухом.

- обработку (подгрунтовку) дна и стенок выбоины битумной эмульсией или битумом.

Обработку вяжущим (подгрунтовку) дна и стенок выбоин производят в случае укладки в качестве ремонтного материала горячих асфальтобетонных смесей. Это необходимо для того, чтобы обеспечить лучшее приживание материала старого асфальтобетона к новому.

Дно и стенки очищенной карты обрабатывают:

- жидким среднегустеющим битумом с вязкостью 40/70, разогретым до температуры 60...70⁰С с расходом 0,5 л/м² ;
- или битумной эмульсией с расходом 0,8 л/м².

При отсутствии средств механизации битум нагревают в передвижных битумных котлах и распределяют по основанию с помощью лейки.

Битумную эмульсию удобно распределять малогабаритными установками, подающими насосом битумную эмульсию в разбрызгивающее сопло ручной удочки со шлангом, длиной 3-4 м.

При малых объемах работ подгрунтовку эмульсией можно выполнять из переносных емкостей (10-20 л) с разбрызгиванием сжатым воздухом по принципу пульверизатора.

При этом следует помнить, что избыточная подгрунтовка также плоха для качества сцепления нового слоя со старым, как и недостаточная.

К основным работам относят - заполнение выбоины ремонтным материалом.

Эти работы можно производить только после выполнения всех подготовительных работ.

Технология укладки и последовательность операций зависит

- от способа и объемов выполнения работ;
- от вида ремонтного материала.

Заключительные работы - это уборка оставшихся отходов от ремонта с погрузкой их в самосвалы и снятие ограждений и дорожных знаков, восстановление линий разметки в зоне выполнения ямочного ремонта.

Качество ремонта и срок службы отремонтированного покрытия зависит прежде всего от соблюдения требований к качеству выполнения всех технологических операций (рис. 13.11).

Результатом правильно выполненного ремонта является:

- высота уложенного слоя после уплотнения, точно равная глубине выбоины без неровностей;
- правильные геометрические формы и незаметные швы;
- оптимальное уплотнение уложенного материала и его хорошее соединение с материалом старого покрытия;
- большой срок службы отремонтированного покрытия.

Горячие способы ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий

основаны на применении в качестве ремонтного материала горячих асфальтобетонных смесей:

- мелкозернистые,
- крупнозернистые,
- песчаные смеси,

- литой асфальтобетон и др.

В идеальном случае при горячем способе ремонта целесообразно использовать асфальтобетонные смеси, соответствующие по составу смеси ремонтируемого покрытия.

Однако сделать это сложно и не всегда возможно.

Очевидно, следует стремиться к использованию такой смеси, которая была бы *близка к смеси* в покрытии по показателям *прочности, деформативности и шероховатости*.

В реальных условиях для ремонта выбоин чаще всего используют мелкозернистые и горячие среднезернистые асфальтобетонные смеси типов Б, В и Г.

Жесткие и прочные крупнозернистые и многощебенистые смеси (тип А) *не очень технологичны для ручной работы* лопатами, граблями и гладилками на вспомогательных операциях.

Доставку смеси с АБЗ к месту ремонта покрытия целесообразно производить транспортным средством, оборудованным специальным термосным бункером, сохраняющим смесь в горячем состоянии несколько часов.

Раньше таких специализированных транспортных средств в России не было.

Сейчас они начали выпускаться, а на рынке дорожной техники появились также зарубежные образцы.

Работы горячим способом можно выполнять при температуре воздуха не ниже $+10^{\circ}\text{C}$ при оттаявшем основании и сухом покрытии.

При использовании разогревателя ремонтируемого покрытия допускается выполнять ремонт при температуре воздуха не ниже $+5^{\circ}\text{C}$.

Как правило, все работы по ямочному ремонту выполняют ранней весной как только позволят погодные условия и состояние покрытия.

Летом и осенью заделку выбоин и ям производят немедленно после их появления.

Заполнение выбоины ремонтным материалом

при горячем способе производства работ можно производить только после выполнения всех подготовительных работ.

Технология укладки и последовательность операций зависит от объемов выполнения работ, а также от вида ремонтного материала.

При небольших объемах работ и отсутствии средств механизации укладка ремонтного материала может производиться вручную.

Температура горячей асфальтобетонной смеси, доставленной к месту укладки, должна быть близкой к температуре приготовления, но не ниже $110...120^{\circ}\text{C}$.

Наиболее *целесообразно укладывать смесь при такой температуре*, когда она *легко обрабатывается*, а в процессе укладки *не образуются волны и деформации при проходе катка.*

В зависимости от типа смеси и ее состава такой температурой считают:

- для многощебенистой смеси – 140...160⁰С;
- для среднещебенистой смеси – 120...140⁰С;
- для малощебенистой смеси – 100...130⁰С.

Обычно зарубежные термоконтейнеры в зависимости от типоразмера и потребностей вмещают от 2–2,5 до 8–10 т горячей смеси (объем 1,5–6 м³) и сохраняют ее высокую температуру, в том числе за счет небольшого подогрева, в течение всего рабочего дня.

Примером подобного наиболее совершенного средства доставки горячей смеси с эффективным термосным бункером емкостью 4 м³ (хватит для заделки примерно 80–100 выбоин и ям размером около 100х100х5 см) может служить универсальная машина TP4 американской фирмы «Акзо Нобель» (рис. 5).

Этот ремонтер, оснащенный всеми необходимыми материалами, инструментами и приспособлениями (горячая смесь, битумная эмульсия для подгрунтовки, бункер для отходов, гидромолоток, виброплита и др.), имеет также специальный масляный обогреватель смеси с пропановой горелкой и дополнительный электрический подогреватель для круглосуточного хранения смеси в бункере машины в выходные дни. Дорожники России теперь имеют возможность приобретать такое оборудование, смонтированное на грузовике завода ЗИЛ.

Укладка смеси в карту производится:

- в один слой при глубине вырубки до 5 см;
- в два слоя при глубине более 5 см. При этом в нижний слой может быть уложена крупнозернистая смесь с размером щебня до 40 мм, а в верхний слой – только мелкозернистая смесь с размером фракций до 20 мм.

Толщина слоя укладки в рыхлом теле должна быть больше толщины слоя в плотном теле с учетом *коэффициента запаса на уплотнение*, который принимают:

- для горячих асфальтобетонных смесей 1,25...1,30;
- для холодных асфальтобетонных смесей 1,5...1,6;
- для влажных органоминеральных смесей 1,7...1,8
- для щебеночных и гравийных материалов, обработанных вяжущим 1,3...1,4.

При укладке ремонтного материала механизированным способом смесь подается из бункера-термоса через поворотный лоток или гибкий рукав большого диаметра непосредственно в выбоину и равномерно разравнивается по всей площади.

Укладка асфальтобетонных смесей при заделке карт *площадью* 10-20 м² может производиться *асфальтоукладчиком*. При этом смесь укладывается на всю ширину карты за один проход, чтобы избежать дополнительного продольного шва сопряжения полос укладки.

Уплотнение асфальтобетонной смеси:

- *уложенной в нижний слой* покрытия производят пневмотрамбовками, электротрамбовками или ручными виброкатками по направлению от краев к середине.
- *уложенную в верхний слой*, а также смесь, уложенную в один слой при глубине выбоины до 50 мм уплотняют:
 - самоходным вибрационным катком (вначале два прохода по следу без вибрации, а затем два прохода по следу с вибрацией);
 - или статическими гладковальцовыми катками легкого типа массой 6...8 т до 6 проходов по одному следу, а затем тяжелыми

катками с гладкими вальцами массой 10...18 т до 15...18 проходов по одному следу.

Коэффициент уплотнения должен иметь значение:

- не ниже 0,98 для песчаных и малощебенистых асфальтобетонных смесей;
- 0,99 для средне- и многощебенистых смесей.

Уплотнение горячих асфальтобетонных смесей начинают при максимально возможной температуре, при которой не образуются деформации в процессе укатки.

Уплотнение должно обеспечить не только требуемую плотность, но и *ровность ремонтного слоя*, а также расположение *в одном уровне* отремонтированного покрытия со старым.

Для лучшего *сопряжения* нового покрытия со старым и формирования единого монолитного слоя при укладке горячих смесей стык по всему контуру вырубki *прогревают* при помощи линейки горелок или электроразогревателя.

Выступающие над поверхностью покрытия *стыки* заделок выбоин устраняют фрезерующими или шлифовальными машинами.

Ямочный ремонт с применением литых асфальтобетонных смесей

Литой асфальтобетон представляет собой разновидность асфальтобетона, обладающего значительной подвижностью вследствие повышенного содержания асфальто вяжущего вещества (до 40%).

Отличительной особенностью литых асфальтобетонных смесей является то, что их укладывают в текучем состоянии, вследствие чего они легко заполняют выбоины и не требуют уплотнения.

Мелкозернистый или песчаный литой асфальт можно применять для ремонта *при пониженной температуре* воздуха (до – (минус)10⁰С).

Чаще всего для ремонтных работ применяют *песчаную литую* асфальтобетонную смесь, состоящую:

- из природного или искусственного кварцевого песка в количестве 85 % по массе,
- минерального порошка – 15 %;
- битума – 10...12 %. (для приготовления литого асфальта применяют вязкий тугоплавкий битум БНД 40/60).

Смесь *приготавливают* в смесительных установках с мешалками принудительного действия при температуре 220...240⁰С.

Транспортировка смеси к месту укладки осуществляется в специальных передвижных котлах типа «Кохер» или в бункерах-термосах.

Доставленная смесь при температуре 200...220⁰С выливается в подготовленную выбоину и легко разравнивается с помощью деревянных гладилок.

Легкоподвижная смесь заполняет все неровности, благодаря высокой температуре разогревает дно и стенки выбоины, в результате чего достигается *прочное соединение* ремонтного материала со стороны покрытия.

Поскольку мелкозернистая или песчаная литая смесь создает поверхность покрытия *с повышенной скользкостью*, необходимо применять меры для повышения его сцепных качеств.

В этих целях немедленно после распределения смеси по ней рассыпают черный щебень фр. 3-5 мм или фр. 5-8 мм с расходом 5 - 8 кг/м² так, чтобы щебень был равномерно распределен слоем *в одну щебенку*.

После остывания смеси до 80-100⁰С *прикатывают* щебень *ручным катком* массой 30-50 кг.

Когда смесь остынет до температуры окружающего воздуха лишний щебень, который не втопился в смесь, сметают и открывают движение.

ДОСТОИНСТВО этой технологии состоит в том, что исключаются операции по подгрунтовке ремонтной карты и уплотнению смеси, а также в высокой прочности ремонтного слоя и надежности швов сопряжения нового и старого материалов.

НЕДОСТАТКИ состоят в необходимости применения специальных смесителей, передвижных катков с подогревом и смесителей или термосов-бункеров, вязких тугоплавких битумов, а также повышенных требований к технике безопасности и охране труда при работе со смесью, имеющей очень высокую температуру.

Существенным недостатком литого асфальтобетона является его низкая температурная устойчивость (трещины, пластические деформации) – ПБВ...

Литой асфальт чаще всего применяют при ямочном ремонте городских дорог и улиц.

Горячие способы ямочного ремонта позволяют обеспечить высокое качество и длительный срок службы отремонтированного покрытия.

Важным достоинством горячих способов ямочного ремонта является возможность открытия движения сразу после ремонта, поскольку покрытие в месте ремонта формируется очень быстро.

Холодные способы ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий основаны на использовании в качестве ремонтного материала:

- влажных органоминеральных смесей (ВОМС);
- холодного асфальтобетона.

Этот способ применяется, в основном, :

- для ремонта покрытий *на дорогах низких категорий*;
- а также при необходимости *срочной или временной* заделки выбоин *в более ранние сроки* на дорогах *высоких категорий*.

• Работу по ямочному ремонту этим способом начинают весной, как правило, при температуре воздуха не ниже +10⁰С.

• При необходимости холодные смеси могут быть использованы для ямочного ремонта и при более низкой температуре (от +5⁰С до –5⁰С).



Во втором случае перед укладкой:

- холодный черный щебень или холодную асфальтобетонную смесь разогревают до температуры $50...70^{\circ}\text{C}$,
- при помощи горелок нагревают дно и стенки выбоин до момента появления на их поверхности битума. (При отсутствии горелок поверхность дна и стенок обмазывают битумом с вязкостью 130/200 или 200/300, разогретым до температуры $140...150^{\circ}\text{C}$);
- после этого укладывают ремонтный материал;
- уплотняют (пневмо- или электротрамбовками, можно ручными катками, под действием колес автомобиля).

Формирование покрытия в месте ремонта холодным способом происходит медленно в течение 20 – 40 суток и зависит от свойств жидкого битума или битумной эмульсии, вида минерального порошка, *погодных условий, интенсивности и состава движения.*

Холодные асфальтобетонные смеси для ямочного ремонта готовят с применением *жидкого среднелетучего или медленнолетучего* битума с вязкостью 70/130, по той же технологии, что и горячие асфальтобетонные смеси, при температуре нагрева битума $80...90^{\circ}\text{C}$ и температуре смеси на выходе из смесителя $90...120^{\circ}\text{C}$.

Смеси можно хранить в штабелях высотой до 2 м:

- в летний период их можно держать на открытых площадках;
- в осенне-зимний период – в закрытых складах или под навесом.

ДОСТОИНСТВА:

- ремонтные работы можно выполнять при более низкой температуре воздуха;
- заготавливать заранее ремонтный материал;
- стоимость работ по данной технологии ниже, чем при горячем способе.

НЕДОСТАТОК:

- главный недостаток состоит в сравнительно небольших сроках службы отремонтированного покрытия, особенно при движении тяжелых грузовых автомобилей и автобусов.

Одним из путей упрощения технологии работ и увеличения строительного сезона является применение в качестве ремонтного материала *холодных полимерасфальтобетонных смесей.*

Эти смеси приготавливают с использованием комплексного вяжущего:

- которое состоит из битума вязкостью 60/90 в количестве около 80 % по массе вяжущего;
- полимерной модифицирующей добавки в количестве 5 - 6 %;
- растворителя, например дизельного топлива, в количестве 15 % по массе вяжущего.

Вяжущее готовится путем перемешивания составляющих при температуре $100-110^{\circ}\text{C}$.

Полимерасфальтобетонная смесь готовится в смесителях с принудительным перемешиванием при температуре 50-60⁰С.

Смесь состоит из:

- мелкого щебня фр. 3-10 мм в количестве 85 % по массе;
- отсева фр. 0-3 мм в количестве 15 %;
- вяжущего в количестве 3-4 % от общей массы минерального материала.

Затем смесь складывается в открытый штабель, где она может храниться до 2-х лет или загружается в мешки или бочки, в которых она может храниться несколько лет, сохраняя свои технологические свойства:

- подвижность,
- пластичность,
- отсутствие слеживаемости,
- высокие адгезионные характеристики.

К таким смесям можно отнести:

- Репасфальт – ФРГ;
- Бормикс – ФРГ;
- Штраласфальт – ФРГ;
- Веспро – США;
- Силвакс – США;
- Колмак – Англия;
- Эксцел – Канада;
- и др.

Технология ремонта с применением этой смеси *чрезвычайно проста:*

- смесь из кузова автомобиля или из бункера дорожного ремонтника вручную или при помощи рукава подается в выбоину;
- разравнивается;
- после чего открывается движение транспорта, под действием которого происходит формирование дорожного слоя.

Весь процесс ремонта выбоины занимает 2 – 4 минуты, поскольку исключаются операции по разметке карты, вырубке и очистке выбоины, а также уплотнению катками или виброкатками.

Адгезионные свойства смеси сохраняются и при укладке ее в выбоины, заполненные водой.

Работы по ремонту могут выполняться при отрицательной температуре воздуха, предел которой требует уточнения.

Все это делает указанный метод ямочного ремонта весьма привлекательным для практических целей.

ОДНАКО ОН ОБЛАДАЕТ И РЯДОМ СУЩЕСТВЕННЫХ НЕДОСТАТКОВ:

- прежде всего, есть вероятность быстрого разрушения отремонтированной выбоины вследствие того, что не удаляются ее ослабленные края;

- при выполнении работ в сырую погоду или при наличии воды в выбоине часть влаги может попасть в микротрещины и поры старого покрытия и при понижении температуры покрытия ниже 0 замерзнуть. →
→ При этом может быть инициирован процесс разрушения зоны сопряжения нового и старого материала.
- сохранение после ремонта неправильной внешней формы выбоины, что ухудшает эстетическое восприятие дорог.

Такие некачественно отремонтированные места с наступлением теплой и сухой погоды подлежат повторному ремонту, но уже с соблюдением всех требований и правил выполнения качественной заделки выбоины.

ВОМС

В неблагоприятных погодных условиях (сырость, холод) аварийный ремонт может быть выполнен влажной органоминеральной смесью (ВОМС), состав и технологию которой разработали в ГипродорНИИ.

ВОМС состоит из:

- известнякового или доломитового щебня фр. 5-20 мм – 40%;
- песка с $M_{кр} \geq 1$;
- МП – 6-12%;
- вяжущего (гудрон, жидкий или разжиженный битум) – 6-7%;
- воды.

Вместо щебня возможно использование отсевов дробления, ГПС, дробленого шлака.

Готовится такая смесь в холодном виде в смесительных установках АБЗ, дооборудованных системой подачи и дозирования воды в мешалку.

После выгрузки из мешалки готовую смесь при температуре 25- 40°C подают на склад, где она хранится в штабеле в течение нескольких месяцев.

Ремонтируют такой смесью выбоины глубиной не менее 3 - 4 см. Главное достоинство ВОМС состоит в том, что она используется уже в готовом виде по холодной технологии, на сухом или сыром покрытии и при температуре воздуха до – (минус) 10°C.

Однако следует иметь в виду, что зимой и ранней весной формирование прочной структуры ВОМС в покрытии происходит медленно и трудно из-за частых переходов температуры воздуха через 0°C.

Наибольшую прочность этот материал приобретает после полного высыхания, но эта прочность не столь велика (в 1,5 – 2 раза ниже прочности холодного и в 2,5 – 3 раза ниже прочности горячего асфальтобетона), чтобы использовать ВОМС на ямочном ремонте покрытий высоких категорий.

↑

Лишь аварийный (временный) ремонт допустим этой смесью.

Упрощенные способы ямочного ремонта (инъекционный метод)

В последние годы все более широкое распространение получают упрощенные способы ямочного ремонта с использованием специальных машин типа: «Savalco» (Швеция), «Джюра Петчер», «Блоу Петчер», «Роско» и др.

В России аналогичные машины выпускают в виде специального прицепного оборудования - пломбировщика марки БЦМ-24 и УДН-1.

Эта передвижная установка работает в прицепе к автосамосвалу, оснащенный специальным бункером со шнеком.

Установка имеет следующие системы и узлы:

- система битумной эмульсии, состоящая из бака, вместимостью около 1 т, нагревательного элемента, насосов и трубопроводов;
- система минерального материала, включающая бункер со шнеком;
- компрессор;
- выгрузочный шланг и сопло. Шланг $d=80-90$ мм предназначен для подачи щебня и эмульсии к месту укладки;
- стрела, на которой подвешивается шланг.

МАТЕРИАЛЫ:

Ремонт выбоин инъекционным методом выполняют с применением *катионной* битумной эмульсии.

(т.е. эмульгатором – катионные ПАВ «+»).

Соответственно щебень следует применять прочный кислых пород – (*гранитный*).

Щебень должен быть чистым, сухим. Примеси песка и мелких частиц удлиняют период распада и ухудшают качество заполнения выбоины.

Размер самых крупных частиц не должен превышать двойной размер самых мелких частиц.

Материалы:

- гранитный щебень фракции 5...8 (10) мм;
- эмульсию типа ЭБК-2.

Применяют концентрированную эмульсию (60...70 %) на битумах БНД 90/130 или 60/90 с ориентировочным расходом 10...11 % от массы щебня.

Работы выполняют при температуре воздуха не ниже $+5^{\circ}\text{C}$, как на сухом, так и влажном покрытии.

Ямочный ремонт инъекционным методом выполняют в следующем порядке:

При этом методе ремонта обрубку кромок можно не производить!!!

1. первый этап – выбоину очищают струей воздуха под давлением, чтобы удалить кусочки асфальтобетона, воду и мусор.

Очистку выбоины под ремонт можно выполнять и методом всасывания;

2. второй этап - подгрунтовка битумной эмульсией дна, стенок выбоины и поверхности прилегающего к ней асфальтобетонного покрытия.

Поток эмульсии регулируют контрольным клапаном на основном сопле.

Эмульсия поступает в воздушный поток из разбрызгивающего кольца.

Температура эмульсии должна быть в пределах 50-85⁰С.

Нагрев эмульсии до 90 ⁰С недопустим, т.к. это приводит к распаду эмульсии. При температуре ниже 0 ⁰С вода замерзает и происходит расслоение эмульсии.

3. третий этап – заполнение выбоины ремонтным материалом.

Щебень, при помощи винтового транспортера попадает в главный мундштук (шланг), где, пролетая мимо форсунок, покрывается тонким слоем битумной эмульсии.

Из шланга обработанный щебень (*черный щебень*) с высокой скоростью выбрасывается в выбоину, распределяется тонкими слоями. Уплотнение происходит за счет сил, возникающих в результате высоких скоростей выбрасываемого материала.

4. четвертый этап – нанесение защитного слоя из сухого необработанного щебня на участок заплат.

При этом клапан на основном сопле, управляющим потоком эмульсии, выключен.

Т.е.:

Поверхность отремонтированного участка присыпают белым щебнем слоем в одну щебенку. Движение открывают через 10...15 мин.

НЕДОСТАТКИ:

1. Исключение предварительной обрубki краев выбоины приводит к тому, что в прикромочной зоне выбоины остается старый асфальтобетон с нарушенной структурой, имеющий, как правило, пониженное сцепление с нижележащим слоем. Срок службы такой заплаты будет меньше, чем при традиционной технологии.
2. Кроме того, заплаты имеют неправильные формы, что ухудшает внешний вид покрытия.

ОБРАТНАЯ ПРОПИТКА

Этим способом ремонтируют выбоины площадью не более 1,5 м² и глубиной до 10 см.

Ремонт щебнем с обратной пропиткой битумом

1. Очистка выбоины.
2. По очищенной (можно влажной) поверхности производят розлив битума БНД 90/130, БНД 130/200, нагретого до t= 180-200⁰С слоем, толщина которого в 5 раз меньше глубины выбоины.
3. Рассыпают минеральный материал – смесь оптимального гранулометрического состава с размером частиц до 20 мм.
4. Разравнивают гладилкой.
5. Уплотняют пневмо- или электротрамбовками.

Если пена не поднялась на поверхность, производят повторный розлив вяжущего в количестве 0,5 л м², засыпают тонким слоем щебня и уплотняют (можно колесом автомобиля, используемого при работе).

Если глубина выбоины < 5 см – за один прием;

При большей глубине – слоями 5 см.

Ремонт горячим щебнем

с обратной пропиткой битумной эмульсией

Эмульсия – затем горячая минеральная смесь оптимального гранулометрического состава (t= 120-130°C).