

Конспект лекций

Тема 1: Специальность «Технологические машины и оборудование»: содержание, структура и место в горной промышленности Республики Казахстан

Материал раскрывает содержание подготовки инженера по технологическим машинам и оборудованию на примере горнодобывающей отрасли Казахстана. В нормативной терминологии Республики Казахстан корректнее говорить об **образовательной программе (ОП)** и **группе образовательных программ**, а не переносить без оговорок российскую систему кодов и наименований специальностей. В классификаторе Казахстана инженерное направление бакалавриата обозначается кодом **6В071 «Инженерия и инженерное дело»**; последние знаки кода конкретной ОП устанавливает вуз. Например, Кызылординский университет имени Коркыт ата приводит действующую ОП **6В07158 «Технологические машины и оборудование (по отраслям)»**, а группа образовательных программ указана как **В064 «Механика и металлообработка»** [1] [2].

Это направление не следует смешивать с подготовкой собственно горного инженера-технолога. Специалист по технологическим машинам отвечает прежде всего за выбор, проектирование, изготовление, монтаж, эксплуатацию, диагностику и ремонт машин и установок. Горный инженер определяет технологию разработки месторождения, параметры горных работ и организацию добычи. На практике эти специалисты работают совместно: технология задаёт требуемую производительность и режим машин, а техническое состояние и возможности парка машин ограничивают или обеспечивают выполнение горного плана.

Лекция 1. Профиль подготовки и его место в системе инженерного образования Казахстана

1.1. Что изучает направление

Технологическая машина — это техническое устройство, которое непосредственно выполняет или обеспечивает производственную операцию: бурит, разрушает, перемещает, поднимает, дробит, перекачивает, проветривает либо перерабатывает материал. Оборудование включает не только отдельную машину, но и привод, рабочий орган, системы управления, транспортные и энергетические связи, средства контроля и безопасности.

В горном производстве объектом инженерного рассмотрения становится не отдельный агрегат сам по себе, а **машина в составе технологического комплекса**. Например, производительность экскаватора должна быть согласована с числом и грузоподъемностью автосамосвалов, пропускной способностью дорог, режимом дробильного пункта и возможностями последующего транспортирования. Если одно звено систематически отстаёт, оно становится «узким местом» — ограничивает выпуск всего комплекса.

1.2. Казахстанский классификационный контекст

Классификатор направлений подготовки кадров относит 6В071 к области «Инженерные, обрабатывающие и строительные отрасли» и называет направление «Инженерия и инженерное дело». В документе также закреплено, что вуз самостоятельно устанавливает коды образовательных программ на уровне последних разрядов. Поэтому обозначения вроде

6B07158 являются кодами конкретной ОП, а не самостоятельной общереспубликанской специальностью с единым учебным планом [1].

Вузовские программы могут по-разному конкретизировать профиль. Satbayev University описывает траектории «Горные машины и оборудование», «Металлургические машины и оборудование» и «Нефтегазовые машины и оборудование». В качестве профессиональных задач перечислены проектирование, монтаж, пусконаладка, эксплуатация и ремонт промышленного оборудования [3]. Программа Кызылординского университета имени Коркыт ата ориентирована, в частности, на машины и оборудование, применяемые при разведке, разработке, добыче и переработке полезных ископаемых, а также на обслуживание производственных объектов [2]. Это примеры реализации направления, а не единый обязательный для всех вузов учебный план.

1.3. Для чего нужен такой инженер горному предприятию

Горная отрасль предъявляет к машинам особые требования: высокие нагрузки и запылённость, абразивное воздействие породы, вибрации и ударные нагрузки, переменные температуры, влажность, ограниченное пространство подземных выработок, удалённость объектов и повышенная цена простоя. Следовательно, инженер должен оценивать не только паспортную мощность машины, но и её соответствие горно-геологическим условиям, сменной производительности, транспортной схеме, ремонтным возможностям предприятия и требованиям промышленной безопасности.

Практический пример. Для карьера недостаточно выбрать экскаватор с подходящим объёмом ковша. Нужно проверить, смогут ли автосамосвалы принимать его рабочий цикл, выдержат ли дороги поток машин, обеспечит ли дробильный комплекс требуемую подачу, а ремонтная служба — поддерживать парк в рабочем состоянии. Для подземного рудника к этому добавляются габариты выработок, вентиляция, уклоны, радиусы поворота, доставка людей и ограничения по применению оборудования.

Ключевые роли выпускника

Роль	Основной круг задач	Типичный результат работы
Инженер-конструктор	Компоновка и совершенствование машин, узлов и деталей; подготовка конструкторской документации	Чертёж, 3D-модель, расчёт узла, техническое предложение
Инженер-технолог	Разработка процессов изготовления, сборки, монтажа и ремонта	Технологическая карта, маршрут обработки, режим наладки
Инженер по эксплуатации	Подбор и ввод оборудования в работу, контроль режима и технического состояния	Обоснованный выбор машины, карта режимов, рекомендации по загрузке
Инженер по техническому обслуживанию и ремонту	Диагностика, планирование ТОиР, анализ отказов, управление ремонтами	График ТОиР, дефектная ведомость, план восстановления работоспособности
Инженер по автоматизации/диагностике	Датчики, мониторинг, контроль параметров, анализ данных	Система наблюдения, диагностическое заключение, сигнализация отклонений
Механик участка или парка	Обеспечение исправности машин и готовности к сменной работе	Исправное оборудование, организованный осмотр и своевременный ремонт

Казахстанский профессиональный стандарт по подземной добыче железной руды содержит трудовые функции, связанные с монтажом, демонтажом и текущим ремонтом горно-шахтного оборудования; это подтверждает, что эксплуатационно-ремонтные компетенции имеют прямую связь с реальными трудовыми задачами отрасли [4].

Лекция 2. Горное предприятие как технологическая система

2.1. Основные этапы производственного процесса

Горное предприятие представляет собой цепь взаимосвязанных процессов. В обобщённом виде она включает геологоразведку и оценку запасов, проектирование и подготовку месторождения, вскрытие и проведение выработок, подготовку массива, выемку полезного ископаемого, транспортирование, первичное дробление и переработку, складирование продукции и управление отходами.

Состав оборудования зависит от способа разработки, физико-механических свойств породы, глубины, мощности пласта или рудного тела, производственной мощности предприятия и выбранной технологии. Горная машина работает внутри производственного потока, поэтому её параметры рассматривают в связи с параметрами соседних машин и вспомогательных систем.

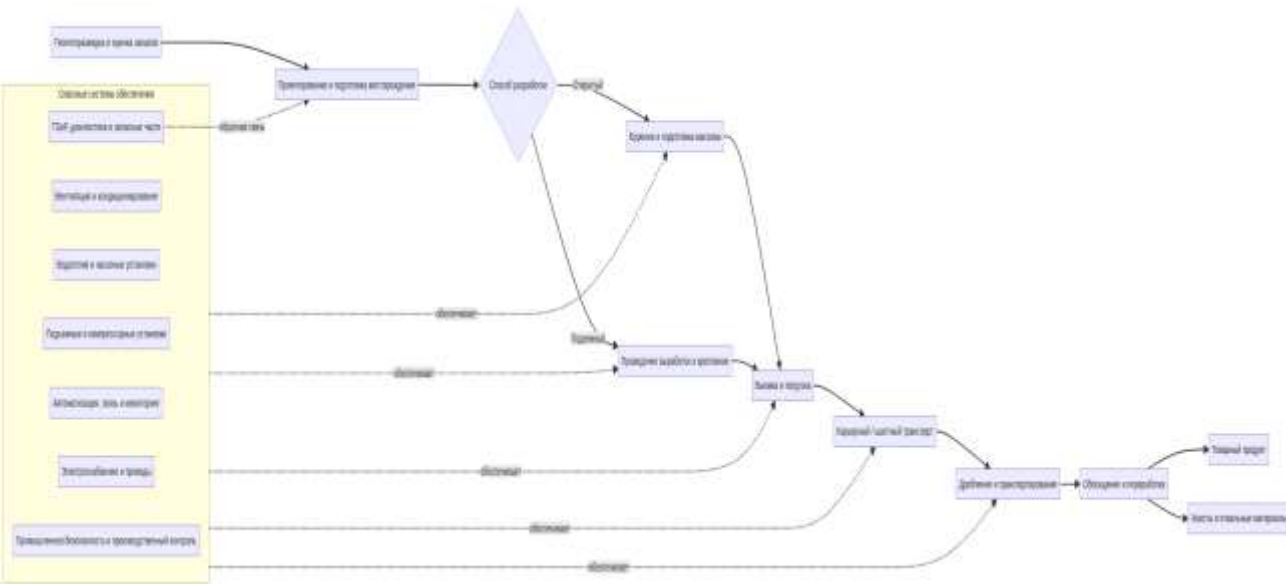


Рисунок 1. Обобщённая технологическая цепочка. Состав конкретных операций и оборудования зависит от вида месторождения, способа разработки и проекта предприятия.

2.2. Основные группы машин и оборудования

Этап/функция	Открытые работы: средства	горные типичные	Подземные работы: средства	горные типичные	Инженерная задача

Этап/функция	Открытые горные работы: типичные средства	Подземные горные работы: типичные средства	Инженерная задача
Бурение и подготовка массива	Буровые станки, буровые установки, компрессорные системы	Перфораторы, бурильные установки, проходческие комплексы	Подобрать машину и инструмент под крепость породы, диаметр и глубину скважины, производственный цикл
Разрушение и выемка	Одноковшовые и роторные экскаваторы, бульдозеры, рыхлители	Очистные комбайны, проходческие комбайны, самоходные погрузочно-доставочные машины	Обеспечить требуемый объём выемки и согласовать рабочий орган с условиями забоя
Погрузка и транспорт	Экскаваторы, автосамосвалы, железнодорожный и конвейерный транспорт	Погрузочные машины, ПДМ, шахтные локомотивы, конвейеры, вагонетки	Согласовать производительность машин, пропускную способность маршрута и график подачи
Дробление и перемещение материала	Дробилки, питатели, ленточные конвейеры	Подземные дробильные комплексы, перегружатели, конвейеры и рудоспуски	Поддерживать непрерывность потока и снижать простои на стыках операций
Крепление и поддержание выработок	Не применяется в той же форме, что в подземных выработках; используются средства укрепления откосов и площадок	Крепеж: установщики, анкероустановщики, установки торкретирования и другие средства крепления	Поддерживать устойчивость горных выработок в соответствии с проектом и условиями массива
Вентиляция и водоотлив	Насосы водоотлива, оборудование водоотведения карьера	Главные и местные вентиляторы, насосные и водоотливные установки	Обеспечить необходимые условия для работы людей и машин, отвод воды и выполнение регламентов
Подъём, энергия и вспомогательные системы	Подъёмные средства, электроснабжение, насосы, компрессоры, ремонтные комплексы	Шахтные подъёмные установки, компрессоры, электроснабжение, связь и мониторинг	Обеспечить доставку людей и грузов, энергию, воздух, связь и ремонтпригодность комплекса

Номенклатура оборудования зависит от конкретного предприятия; приведённая таблица не является исчерпывающим перечнем машин. Казахстанские вузовские программы выделяют горные машины в самостоятельную траекторию и относят к области работы не только собственно добычное оборудование, но также транспортные, насосные, компрессорные, вентиляционные и подъёмные установки [2] [3].

2.3. Открытый и подземный способы: различие условий работы машин

При открытой разработке машины обычно имеют большие габариты, работают на уступах и перемещаются по карьерным дорогам. Ключевые вопросы — устойчивость площадки, высота уступа, дальность транспортирования, уклон дороги, пылеобразование и согласование экскаваторного и транспортного циклов.

В подземной разработке оборудование должно соответствовать сечению выработок и условиям вентиляции, перемещаться в ограниченном пространстве и взаимодействовать с креплением, шахтным транспортом, подъёмными и водоотливными системами.

Повреждение или остановка одной вспомогательной системы может повлиять не только на выпуск, но и на доступность рабочего места и безопасность людей.

2.4. Системный выбор машины

При выборе машины инженер последовательно проверяет:

1. **Технологическую функцию:** какую операцию требуется выполнить и с каким качеством.
2. **Горно-геологические условия:** прочность и абразивность породы, размеры массива, влажность, трещиноватость, глубину или высоту уступа.
3. **Производительность:** плановый объём работ за смену, сутки или год; коэффициент использования времени и ожидаемые потери на обслуживание.
4. **Совместимость:** соответствие габаритов, загрузки, скорости и рабочего цикла соседнему оборудованию.
5. **Энергетические и инфраструктурные условия:** доступная мощность, топливо, сжатый воздух, вода, вентиляция, транспорт и сервис.
6. **Надёжность и ремонтпригодность:** доступность запасных частей, ремонтной базы и персонала, удобство диагностики и технического обслуживания.
7. **Безопасность и воздействие на окружающую среду:** соответствие обязательным правилам, снижение опасных воздействий и возможность контролировать техническое состояние.

Упрощённый пример согласования. Если подача экскаватора выше, чем устойчиво принимают самосвалы и дробильный пункт, повышение паспортной производительности экскаватора само по себе не даст такого же прироста выпуска. В устойчивой цепи звено с наименьшей пропускной способностью часто определяет фактический темп всей системы; при наличии буферных складов влияние узких мест сглаживается, но не исчезает.

Лекция 3. Содержание подготовки инженера

3.1. Логика формирования компетенций

Подготовка начинается с фундаментальных дисциплин и постепенно переходит к профессиональным задачам. Точная последовательность, набор дисциплин и число кредитов устанавливаются конкретной образовательной программой и учебным планом вуза. Так, программа Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова предусматривает 240 академических кредитов и связывает выпускника с проектно-конструкторской, производственно-технологической и организационно-управленческой деятельностью; это пример конкретной программы, а не универсальная норма для каждой ОП Казахстана [2].

Учебный блок	Что осваивает студент	Как применяется в горном производстве
Математика, физика, информатика	Расчётные методы, механика процессов, обработка данных	Оценка нагрузок, мощности, режима машины и производственных данных

Учебный блок	Что осваивает студент	Как применяется в горном производстве
Инженерная графика и CAD	Чтение и выпуск чертежей, моделирование деталей и узлов	Разработка/изменение документации, компоновка оборудования и ремонтных приспособлений
Сопротивление материалов, детали машин, теория механизмов	Прочность, жёсткость, кинематика, передача движения	Проверка валов, передач, опор, рам, механизмов подачи и исполнительных органов
Гидравлика, пневматика и электротехника	Работа приводов и систем управления	Анализ гидропривода экскаватора, пневмопривода буровой машины или электропривода конвейера
Материаловедение и технология машиностроения	Свойства материалов, обработка, сварка, сборка	Выбор материала изнашиваемой детали и технологии её изготовления или восстановления
Горные машины и комплексы	Устройство и рабочий процесс машин для добычи и транспортирования	Сравнение машин и оценка применимости к карьере, шахте или обогатительной фабрике
Надёжность, диагностика и ТОиР	Отказы, техническое состояние, обслуживание и ремонт	Планирование осмотров, диагностика причин отказов, управление ремонтным циклом
Автоматизация и цифровые средства	Датчики, системы управления, связь, анализ данных	Контроль нагрузки и вибрации, мониторинг состояния узлов и диспетчеризация парка
Охрана труда и промышленная безопасность	Нормативные требования, анализ опасностей и безопасная организация работ	Проверка условий эксплуатации и участие в производственном контроле
Практика и проектная работа	Работа с документацией, измерениями, оборудованием и производственными задачами	Реализация конкретного инженерного решения на предприятии или в лаборатории

Этот перечень описывает типовую инженерную логику профиля, а не точный учебный план отдельного университета. Для подготовки под горную промышленность фундаментальные механические и электротехнические знания должны соединяться с дисциплинами о горном оборудовании, его эксплуатации, техническом обслуживании и промышленной безопасности. Профиль Satbayev University прямо связывает подготовку с проектированием оборудования, вводом его в работу, эксплуатацией и ремонтом [3].

3.2. Практические умения выпускника

Выпускник должен быть способен:

- читать кинематические, гидравлические, пневматические и электрические схемы, чертежи узлов и сборочные документы;
- оценивать режим работы машины по нагрузкам, условиям забоя и производственному заданию;
- сравнивать варианты оборудования по техническим, эксплуатационным и организационным критериям;

- участвовать в разработке технических решений для монтажа, наладки, модернизации и ремонта;
- планировать осмотры и техническое обслуживание, фиксировать дефекты, анализировать причины повторных отказов;
- собирать и обрабатывать эксплуатационные сведения, использовать цифровые средства проектирования и диагностики;
- организовывать инженерное взаимодействие с технологами, механиками, электриками, специалистами по автоматизации, промышленной безопасности и производственными руководителями.

Простой пример термина «ремонтпригодность». Это не только возможность отремонтировать узел, но и возможность быстро обнаружить дефект, безопасно добраться до детали, заменить её без чрезмерного демонтажа и проверить качество ремонта.

Лекция 4. Эксплуатация, надёжность и управление жизненным циклом оборудования

4.1. Жизненный цикл машины

Инженерная работа с оборудованием начинается до покупки машины и продолжается после её монтажа. Жизненный цикл включает формирование технических требований, выбор и заказ, приёмку, транспортирование, монтаж, пусконаладку, эксплуатацию, техническое обслуживание, диагностику, ремонт или модернизацию и вывод из эксплуатации.

На каждом этапе нужна прослеживаемая техническая информация: паспорт и руководство изготовителя, проектные документы, данные о режимах работы, осмотрах и ремонтах, сведения о дефектах и изменениях конструкции. Такая история позволяет отличать единичную поломку от повторяющегося системного отказа.

4.2. Надёжность и техническая готовность

Надёжность — способность машины выполнять заданную функцию в установленных условиях. Для инженерной практики важно рассматривать её через наблюдаемые показатели: частоту отказов, длительность простоев, время восстановления и наличие запасных частей. **Техническая готовность** означает, что машина исправна и может быть привлечена к работе в нужный момент; она не тождественна высокой паспортной производительности.

Эксплуатационная производительность зависит от рабочего цикла, фактического времени работы, загрузки, маршрута, состояния инструмента и внешних простоев. Например, для буровой установки на результат влияют не только скорость бурения, но и перестановка, замена инструмента, очистка скважины, подача энергии и подготовка фронта работ.

4.3. Техническое обслуживание и ремонт

Практическая система ТОиР обычно включает сменные осмотры оператором, плановые технические обслуживания, диагностику состояния, устранение обнаруженных дефектов и ремонты по принятой на предприятии системе. Для подземного горного оборудования профессиональный стандарт Казахстана фиксирует реальные трудовые функции монтажа, демонтажа и текущего ремонта [4]. Конкретное распределение ответственности между оператором, механиком и ремонтной службой задаётся нормативными документами и локальными регламентами предприятия.

Хорошая организация ТОиР не сводится к ремонту после отказа. Её задача — выявить дефект до того, как он приведёт к аварийному состоянию или длительному простоя. Примеры контролируемых параметров: температура подшипников, вибрация, утечки гидравлической жидкости, состояние канатов, износ рабочего инструмента, давление и производительность насосов, натяжение конвейерной ленты.

4.4. Промышленная безопасность как проектное и эксплуатационное условие

В Казахстане правила промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы, охватывают проектирование, строительство, эксплуатацию, реконструкцию, модернизацию, консервацию и ликвидацию объектов [5]. Внесённые в 2022 году изменения, в частности, предусматривают разработку технологических регламентов и плана ликвидации аварий, контроль исправности буровых установок, требования к эксплуатации погрузочных машин по руководству изготовителя и исключение нахождения посторонних лиц в радиусе действия погрузочных средств [6].

Для инженера-механика это означает, что техническое решение должно одновременно обеспечивать выполнение технологической операции, возможность безопасного управления и обслуживания машины и соблюдение обязательных требований. Безопасность нельзя свести к инструктажу оператора: она зависит и от конструкции, защитных устройств, организации рабочих зон, технического состояния, документации и производственного контроля.

Пример инженерного решения. Если обнаружена неисправность буровой установки, влияющая на безопасность, первоочередная задача — не «выжать» плановую производительность, а обеспечить безопасное состояние установки, определить дефект, выполнить разрешённые работы и документировать результат в принятом на объекте порядке. Правила Казахстана содержат требования ежесменной проверки машины бурильщиком, периодического контроля механиком участка и главным механиком, а также недопущения работы при опасной неисправности [5].

Лекция 5. Значение направления для развития горной промышленности Казахстана

5.1. Производственная эффективность

Горное предприятие нуждается в специалисте, который способен связать технологический план с конкретными машинами и реальными режимами их работы. Рациональный подбор оборудования помогает уменьшать простои, избегать несогласованности производственных звеньев, обеспечивать качество продукта и планировать расходы на эксплуатацию и ремонт.

Особое значение имеет междисциплинарное взаимодействие. Горный технолог сообщает требуемые параметры выемки и производственного цикла. Инженер-механик оценивает, может ли выбранная машина устойчиво работать в этих условиях. Электрик и специалист по автоматизации оценивают электропитание, приводы и управление. Специалисты по промышленной безопасности проверяют обязательные меры защиты и регламенты.

5.2. Автоматизация и цифровизация

Современные средства управления и мониторинга позволяют получать сведения о местоположении техники, нагрузке, скорости, расходе энергии, состоянии узлов и выполненном объёме работы. Эти данные полезны только тогда, когда связаны с

инженерными решениями: предупреждают перегрузку, помогают выявлять отклонения, поддерживают диспетчеризацию и позволяют обоснованно планировать обслуживание.

Цифровизация не заменяет базовые инженерные знания. Чтобы интерпретировать сигнал вибрации или температуры, специалист должен понимать конструкцию узла, режим нагрузки, способ измерения и допустимые границы для конкретной машины.

5.3. Ресурсная эффективность и охрана окружающей среды

Экологическая эффективность в механической части связана с расходом топлива и электроэнергии, утечками масел и гидравлических жидкостей, пылеобразованием, шумом, состоянием транспортных систем и обращением с отходами. Механик не отвечает единолично за всю экологическую систему предприятия, но его решения влияют на объём утечек, расход энергии, срок службы деталей и образование ремонтных отходов.

5.4. Образ выпускника

Качественный выпускник программы — не только пользователь каталогов оборудования. Это инженер, который умеет объяснить, почему данная машина подходит конкретному производственному процессу, какие параметры нужно контролировать, что может ограничить производительность, как обнаружить риск отказа и как организовать безопасное обслуживание. В зависимости от профиля он может работать в конструкторской, производственной, ремонтной, эксплуатационной, исследовательской или сервисной организации. Казахстанские примеры программ называют среди возможных должностей инженеров, конструкторов, технологов и механиков технологических машин и оборудования [2] [3].