

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Министерство образования и молодежной политики Свердловской
области**

Управление образования Администрации городского округа Сухой Лог

МАОУ СОШ № 7

РАССМОТРЕНА

Руководитель
методического
объединения


Гаврилова Е.М.
Протокол № 5 от «11» июня
2026 г.

СОГЛАСОВАНА

Заместитель директора
по УВР


Пивоварова И.И.
Протокол № 5 от «11» июня
2026 г.

УТВЕРЖДЕНА

И.О. Директора МАОУ
СОШ № 7


Викулова Е.А.
Приказ № 99 от «15» июня
2026 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

КУРСА ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

«ИНЖЕНЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ»

10–11 КЛАССЫ

**(инженерно-технологическое направление, профили
«Машиностроение и металлообработка», «Черная и цветная
металлургия»)**

Составитель:

Флягин Владислав Сергеевич,
учитель физики высшей квалификационной категории

МО Сухой Лог, 2026

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Рабочая программа курса внеурочной деятельности «**Инженерный практикум**» разработана в соответствии с:

- Федеральным законом от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Федеральным государственным образовательным стандартом среднего общего образования (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 года № 413, с изменениями);
- Федеральной образовательной программой среднего общего образования (приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18 мая 2023 года № 371, с изменениями);
- Образовательным стандартом «**Инженерный класс.66**» по приоритетным инженерно-технологическим отраслям Свердловской области (редакция 8.1, утверждена 29 июля 2026 года);
- Основной образовательной программой среднего общего образования МБОУ.

Направленность программы: общеинтеллектуальная (естественно-научная, инженерно-техническая, проектно-исследовательская).

Уровень подготовки обучающихся: программа рассчитана на обучающихся 10–11 классов инженерных классов (профильный уровень подготовки), изучающих математику, физику, информатику на углублённом уровне. Базовые знания по физике, математике и информатике в рамках школьной программы 10–11 классов являются достаточными для успешного освоения материала. В процессе обучения предусмотрена уровневая дифференциация заданий с учётом индивидуальных возможностей и профессиональных интересов обучающихся.

Актуальность программы обусловлена необходимостью формирования у обучающихся инженерных классов целостного представления о современных инженерных практиках, методах проектирования, моделирования и управления техническими системами. В условиях реализации образовательного стандарта «Инженерный класс.66» на уровне среднего общего образования особое значение приобретает практико-ориентированная подготовка будущих инженеров, способных решать реальные производственные задачи. Курс «Инженерный практикум» позволяет обучающимся интегрировать углублённые знания по математике, физике и информатике в практическую инженерную деятельность, освоить современные инструменты проектирования и моделирования, познакомиться с реальными производственными процессами предприятий Свердловской области.

Региональная значимость программы. Свердловская область является одним из ведущих промышленных регионов России. Фундамент экономики

региона составляют металлургия и машиностроение. Среди ключевых предприятий региона: ПАО «Уралмашзавод» — ведущее предприятие тяжёлого машиностроения; АО «Уралвагонзавод» — крупнейший производитель железнодорожной техники и бронетехники; ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат (ЕВРАЗ НТМК) — производство более 1200 марок стали; Уральская горно-металлургическая компания (УГМК) — объединяет более 40 предприятий. В новой государственной программе «Научно-технологическое развитие Свердловской области» на 2025–2030 годы обозначены четыре ключевые отрасли: машиностроение, химия, горная промышленность и металлургия. Программа интегрирована в региональный проект «**Уральская инженерная школа**» и способствует подготовке инженерных кадров для приоритетных отраслей экономики региона. По итогам работы программы в 2024 году более 450 выпускников 11-х классов поступили в вузы на инженерные специальности.

Новизна программы заключается в её комплексном практико-ориентированном характере, интеграции инженерных знаний с решением прикладных задач, использовании регионального компонента — примеров и кейсов из практики промышленных предприятий Свердловской области. В рамках реализации программы широко используются методы проектной деятельности, инженерного моделирования, работы с цифровыми инструментами и системами автоматизированного проектирования. Программа направлена на развитие навыков системного инженерного мышления, а также на формирование готовности к осознанному выбору инженерной профессии.

Педагогическая целесообразность программы состоит в том, что она позволяет:

- сформировать у обучающихся целостное представление о современных инженерных практиках и технологиях;
- развить навыки инженерного проектирования, моделирования и конструирования;
- подготовить обучающихся к осознанному выбору инженерных профессий в приоритетных отраслях Свердловской области;
- познакомить обучающихся с реальными производственными процессами на предприятиях региона;
- сформировать навыки проектной деятельности и работы в команде, в том числе с наставниками от предприятий.

Цель программы: формирование у обучающихся инженерных классов системных компетенций в области инженерного проектирования, моделирования и конструирования через практическую, исследовательскую и проектную деятельность, интегрирующую углублённые знания по математике, физике и информатике.

Задачи программы:

Образовательные:

- расширить и углубить знания обучающихся по основам инженерного проектирования, технической механики, материаловедения, электротехники и автоматизации;
- сформировать навыки работы с системами автоматизированного проектирования (САПР) и инженерными расчётами;
- научить применять методы математического и компьютерного моделирования для решения инженерных задач;
- познакомить с современными технологиями производства, включая аддитивные технологии, станки с ЧПУ, робототехнику, цифровые двойники и промышленный интернет вещей;
- развить навыки безопасной работы с инженерным оборудованием и инструментами.

Развивающие:

- развивать системное, логическое и инженерно-техническое мышление;
- формировать умения анализировать технические задачи, разрабатывать и обосновывать инженерные решения;
- развивать познавательный интерес к инженерным профессиям и технологиям;
- развивать навыки проектной деятельности и работы в команде.

Воспитательные:

- воспитывать культуру инженерного труда и ответственное отношение к качеству работы;
- формировать понимание роли инженерных профессий в развитии экономики и общества;
- способствовать профессиональному самоопределению обучающихся в инженерно-технической сфере;
- воспитывать уважение к трудовым традициям Урала, понимание роли машиностроения и металлургии в развитии региона.

Отличительные особенности программы:

- **интегративный характер** — объединение знаний из математики, физики, информатики и технологии для решения комплексных инженерных задач;
- **практико-ориентированный подход** — решение кейсов и задач из реальных производственных ситуаций предприятий Свердловской области;
- **использование регионального компонента** — задачи и проекты на основе данных предприятий Свердловской области (ПАО «Уралмашзавод», АО «Уралвагонзавод», ЕВРАЗ НТМК, УГМК);

- **преимущество с учебными предметами** математики, физики, информатики, изучаемыми на углублённом уровне в инженерных классах;
- **интеграция в проект «Уральская инженерная школа»** и образовательный стандарт «Инженерный класс.66»;
- **использование современных цифровых инструментов** для инженерных расчётов, моделирования и проектирования;
- **выполнение индивидуального итогового проекта**, ориентированного на решение реальной инженерно-технической задачи с привлечением наставников от предприятий.

Адресат программы: обучающиеся 10–11 классов инженерных классов (профильный уровень подготовки).

Сроки реализации программы: 2 года (10, 11 классы).

Режим занятий: 1 час в неделю, 34 часа в год, всего 68 часов за весь период обучения (10–11 классы).

Форма обучения: очная.

Формы организации занятий: практические и лабораторные занятия, работа в малых группах, проектная деятельность, инженерные кейсы, экскурсии на предприятия (в рамках сетевого взаимодействия), работа с цифровыми инструментами, мастер-классы с участием инженеров-практиков.

Основные методы обучения: проблемный, частично-поисковый, исследовательский, метод проектов, кейс-метод, практический метод, метод инженерного моделирования.

Формы текущего контроля: защита отчётов по практическим работам, устные опросы, ведение инженерных журналов, тестовые задания, экспресс-проверка навыков работы с оборудованием и программным обеспечением. **Текущий контроль осуществляется на каждом занятии** в следующих формах: устный опрос по технике безопасности и теоретическим основам (2–3 минуты), проверка записей в инженерном журнале, оценка качества выполнения практического задания (наблюдение учителя), самооценка обучающегося по чек-листу. Периодически (раз в месяц) проводится промежуточная проверка в виде выполнения комплексного инженерного задания без инструкции (на самостоятельность и применение знаний в новой ситуации). В конце каждой четверти проводится тематический зачёт по изученному разделу.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ КУРСА

Личностные результаты

В результате изучения курса внеурочной деятельности «Инженерный практикум» у обучающихся будут сформированы следующие личностные результаты, отражающие готовность обучающихся руководствоваться ценностями и приобретение первоначального опыта деятельности на их основе:

1. в части гражданско-патриотического воспитания:

- становление ценностного отношения к своей Родине — России, малой родине; понимание роли уральской инженерной школы в истории и современном развитии отечественной промышленности;
- осознание своей сопричастности к прошлому, настоящему и будущему своей страны и родного края; проявление уважения к трудовым традициям Урала;
- ценностное отношение к достижениям уральских предприятий в области машиностроения, металлургии и высоких технологий;
- сформированность представления о Свердловской области как об одном из ведущих промышленных регионов России и её значении для обеспечения технологического суверенитета страны;

2. в части духовно-нравственного воспитания:

- освоение опыта человеческих взаимоотношений, проявление уважения к людям инженерных профессий;
- применение правил совместной деятельности со сверстниками, способность договариваться, лидировать, следовать указаниям, осознавать личную ответственность и объективно оценивать свой вклад в общий результат;

3. в части трудового воспитания:

- осознание ценности инженерного труда в жизни человека и общества, интерес к инженерным профессиям в машиностроении, металлургии и смежных отраслях;
- мотивация к участию в решении актуальных технологических задач региона с использованием инженерных навыков и компетенций;
- осознание возможности самореализации в инженерно-технических профессиях на предприятиях Свердловской области;

4. в части ценности научного познания:

- формирование понимания роли инженерного проектирования и моделирования как инструментов познания и преобразования окружающего мира;
- готовность к продолжению образования и профессиональной деятельности в области инженерного проектирования, конструирования и технологий;
- развитие способности к системному анализу, инженерному мышлению, рассуждению и обоснованию технических решений;

5. в части экологического воспитания:

- формирование экологической грамотности, понимания влияния промышленных производств на окружающую среду;
- стремление к применению экологически безопасных и энергоэффективных технологий в инженерной практике.

Метапредметные результаты

В результате изучения курса у обучающихся будут сформированы **познавательные универсальные учебные действия, коммуникативные универсальные учебные действия, регулятивные универсальные учебные действия, совместная деятельность.**

1) Познавательные универсальные учебные действия:

1.1. Базовые логические и исследовательские действия:

- ориентироваться в терминах и понятиях, используемых в области инженерного проектирования и моделирования, использовать изученную терминологию в своих устных и письменных высказываниях;
- осуществлять анализ технических систем и процессов с выделением существенных и несущественных признаков;
- сравнивать различные инженерные решения и технологии, выделять в них общее и различия;
- делать обобщения по изучаемой тематике курса;
- использовать схемы, модели, чертежи, расчёты, 3D-модели для представления инженерных решений;
- комбинировать и использовать изученные методы и технологии при планировании и осуществлении инженерной деятельности;
- понимать необходимость поиска новых решений на основе анализа технических задач и доступного инженерного опыта.

1.2. Работа с информацией:

- осуществлять поиск необходимой для выполнения работы информации в учебных пособиях, справочниках, технической документации, сети Интернет, анализировать её и отбирать в соответствии с решаемой задачей;
- анализировать и использовать различные форматы представления технической информации (чертежи, схемы, таблицы, графики, 3D-модели) для решения инженерных задач;
- использовать средства информационно-коммуникационных технологий для решения учебных и практических инженерных задач, оценивать объективность информации и возможности её использования для решения конкретных задач;

- следовать при выполнении работы инструкциям учителя или представленным в других информационных источниках.

2) Коммуникативные универсальные учебные действия:

2.1. Общение:

- вступать в диалог, задавать собеседнику вопросы, использовать реплики-уточнения и дополнения; формулировать собственное мнение и идеи, аргументированно их излагать; выслушивать разные мнения, учитывать их в диалоге;
- создавать технические тексты-описания (пояснительные записки, отчёты, презентации) на основе анализа объектов и технических заданий;
- строить рассуждения о применении инженерных знаний в различных сферах, простые суждения (небольшие тексты) в рамках изучаемого курса;
- объяснять последовательность совершаемых действий в рамках выполнения инженерных проектов и исследований.

3) Регулятивные универсальные учебные действия:

3.1. Самоорганизация и самоконтроль:

- рационально организовывать свою работу (подготовка рабочего места, компьютерной техники, инструментов, поддержание и наведение порядка, уборка после работы);
- выполнять правила безопасности при выполнении работы (в том числе при работе с оборудованием, станками, электрическими приборами);
- планировать работу, соотносить свои действия с поставленной целью;
- устанавливать причинно-следственные связи между выполняемыми действиями и их результатами, прогнозировать действия для получения необходимых результатов;
- выполнять действия контроля и оценки; вносить необходимые коррективы в действие после его завершения на основе его оценки и учёта характера сделанных ошибок;
- проявлять волевую саморегуляцию при выполнении работы.

4) Совместная деятельность:

- организовывать под руководством учителя и самостоятельно совместную работу в группе: обсуждать задачу, распределять роли, выполнять функции руководителя и подчинённого; осуществлять продуктивное сотрудничество;
- проявлять интерес к работе товарищей; в доброжелательной форме комментировать и оценивать их достижения, высказывать свои предложения и пожелания; оказывать при необходимости помощь;

- понимать особенности проектной деятельности, выдвигать идеи решений предлагаемых проектных заданий, мысленно создавать конструктивный замысел, осуществлять выбор средств и способов для его практического воплощения; предъявлять аргументы для защиты продукта проектной, исследовательской деятельности.

Уровни сформированности метапредметных результатов (в соответствии с п. 9.1 стандарта «Инженерный класс.66»):

Уровень	Характеристика	Индикаторы достижения
Базовый	Обучающийся воспроизводит освоенные способы действий по образцу, выполняет задания по алгоритму	— выполняет инженерные расчёты и моделирование по инструкции; — использует стандартные методы и инструменты; — делает простые выводы по готовым шаблонам
Повышенный	Обучающийся самостоятельно применяет изученные способы в знакомой учебной ситуации, может частично перенести их в новую ситуацию	— планирует решение инженерной задачи с помощью учителя; — выбирает адекватные методы расчёта и моделирования; — интерпретирует результаты с частичной самостоятельностью
Высокий	Обучающийся самостоятельно планирует и организует свою деятельность, переносит способы действий в нестандартные ситуации, комбинирует их, создает новые на основе имеющихся	— самостоятельно формулирует инженерную проблему и гипотезу; — разрабатывает методику расчёта и моделирования; — критически анализирует полученные данные, предлагает усовершенствования

Предметные результаты

К концу обучения по программе курса внеурочной деятельности «Инженерный практикум» обучающийся научится:

10 класс:

- понимать основные понятия и термины инженерного проектирования, технической механики, материаловедения, электротехники;
- выполнять инженерные расчёты (прочностные, кинематические, тепловые, электрические) с использованием математических методов;
- работать с системами автоматизированного проектирования (САПР) для создания 3D-моделей деталей и узлов;
- читать и выполнять чертежи деталей и сборочных единиц в соответствии с требованиями ЕСКД;
- понимать принципы работы механических, электрических, гидравлических и пневматических систем;

- иметь представление о современных технологиях производства (литьё, обработка давлением, механическая обработка, аддитивные технологии);
- знать структуру и особенности промышленных предприятий Свердловской области (ПАО «Уралмашзавод», АО «Уралвагонзавод», ЕВРАЗ НТМК, УГМК).

11 класс:

- самостоятельно разрабатывать и обосновывать инженерные решения для прикладных задач;
- выполнять комплексное проектирование технических систем с использованием САПР и инженерных расчётов;
- проводить анализ и оптимизацию инженерных решений с использованием численных методов и моделирования (в том числе с использованием ПО для конечно-элементного анализа);
- разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию;
- работать с современным инженерным оборудованием (3D-принтеры, станки с ЧПУ, измерительные приборы, осциллографы);
- понимать принципы автоматизации производственных процессов, промышленной робототехники, цифровых двойников и промышленного интернета вещей;
- выполнять индивидуальный инженерный проект по заказу предприятия-партнёра;
- ориентироваться в востребованных инженерных профессиях на рынке труда Свердловской области.

СВЯЗЬ СОДЕРЖАНИЯ КУРСА С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ

Механизмы формирования личностных результатов:

Личностный результат	Содержание курса	Формирующие механизмы
Гражданско-патриотическое воспитание	Региональный компонент во всех разделах	Знакомство с промышленными предприятиями Урала, изучение их истории и вклада в промышленность страны
Духовно-нравственное воспитание	Работа в группах, совместные проекты	Совместная проектная деятельность, обсуждение результатов
Трудовое воспитание	Инженерные кейсы, профессиональные пробы	Решение реальных производственных задач, экскурсии, встречи с инженерами
Ценность научного познания	Все разделы курса	Проектная деятельность, инженерные расчёты, моделирование

Личностный результат	Содержание курса	Формирующие механизмы
Экологическое воспитание	Разделы об экологии и энергоэффективности	Изучение экологических аспектов промышленных производств

Механизмы формирования метапредметных результатов:

Метапредметный результат	Содержание курса	Формирующие механизмы
Познавательные УУД	Инженерные расчёты, моделирование, анализ технических систем	Решение задач, работа с информацией, построение моделей
Коммуникативные УУД	Групповая работа, защита проектов	Обсуждение результатов, презентации, техническая документация
Регулятивные УУД	Проектная деятельность	Планирование, контроль, самооценка
Совместная деятельность	Групповые проекты с наставниками от предприятий	Распределение ролей, взаимодействие в команде

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

10 класс

Раздел 1. Введение в инженерное проектирование (6 часов)

Инженерная деятельность: содержание, функции, виды. Роль инженера в современном производстве. Этапы инженерного проектирования: от идеи до готового изделия. Техническое задание и его структура. Техника безопасности при работе в инженерной лаборатории и на производстве. Знакомство с инженерным оборудованием и инструментарием. Инженерный журнал: правила ведения записей.

Региональный компонент: знакомство с промышленным потенциалом Свердловской области. Машиностроение и металлургия — ведущие отрасли региона. ПАО «Уралмашзавод», АО «Уралвагонзавод», ЕВРАЗ НТМК, УГМК — флагманы промышленности Урала. Обсуждение: «Какие инженерные профессии востребованы в Свердловской области?».

Примеры практических заданий:

1. Изучить правила техники безопасности при работе в инженерной лаборатории.
2. Познакомиться с основными видами инженерного оборудования и инструментов.
3. Составить структуру технического задания для простого инженерного проекта.

4. Научиться вести инженерный журнал.

Раздел 2. Техническая механика и сопротивление материалов (8 часов)

Основы теоретической механики: статика, кинематика, динамика. Силы и моменты сил. Условия равновесия. Расчёт реакций опор. Основы сопротивления материалов: напряжение, деформация, прочность, жёсткость, устойчивость. Расчёт на прочность при растяжении-сжатии, изгибе, кручении. Выбор материалов для конструкций. (Расчёт на устойчивость и сложное сопротивление — ознакомительный уровень.)

Инженерный кейс: расчёт прочности элементов металлоконструкций, используемых на предприятиях Свердловской области. Анализ нагрузок на оборудование Уралмашзавода и Уралвагонзавода.

Региональный компонент: изучение конструкционных материалов, применяемых на предприятиях региона. Стали и сплавы, производимые на ЕВРАЗ НТМК. Применение расчётов прочности при проектировании оборудования для металлургии.

Примеры практических заданий:

1. Определить реакции опор для балки.
2. Рассчитать напряжение при растяжении стержня.
3. Выполнить расчёт на прочность при изгибе.
4. Подобрать сечение балки по условию прочности.
5. Проанализировать нагрузки на конструкцию по данным предприятия.

Раздел 3. Инженерная графика и 3D-моделирование (8 часов)

Правила выполнения чертежей в соответствии с ЕСКД. Построение видов, разрезов, сечений. Нанесение размеров и допусков. Работа в системах автоматизированного проектирования (САПР): Компас-3D, SolidWorks, Fusion 360. Создание 3D-моделей деталей: операции выдавливания, вращения, по сечениям. Создание сборок и сопряжений. Генерация чертежей из 3D-моделей.

Инженерный кейс: создание 3D-модели и чертежа детали по техническому заданию предприятия-партнёра. На Уралмашзаводе применение систем 3D-моделирования позволяет эффективно проектировать гидроплиты и гидропанели. На Уралвагонзаводе конструкторы достигли высокого уровня в 3D-моделировании.

Региональный компонент: выполнение чертежей и 3D-моделей деталей, используемых в продукции Уралмашзавода (детали металлургического оборудования) и Уралвагонзавода (детали вагонов). Использование реальной конструкторской документации предприятий.

Примеры практических заданий:

1. Выполнить чертёж детали с необходимыми видами и разрезами.
2. Создать 3D-модель детали в САПР.
3. Создать 3D-модель сборки из нескольких деталей.
4. Сгенерировать чертёж из 3D-модели.
5. Выполнить чертёж и 3D-модель по техническому заданию.

Раздел 4. Электротехника и основы автоматизации (8 часов)

Основы электротехники: электрические цепи, закон Ома, законы Кирхгофа. Переменный ток. Электрические машины: генераторы, двигатели. Трансформаторы. Электроизмерительные приборы. Основы автоматизации: датчики, исполнительные механизмы, системы управления. Введение в программирование микроконтроллеров (Arduino). Принципы промышленной автоматизации.

Инженерный кейс: проектирование системы автоматического управления технологическим процессом. Анализ систем автоматизации на предприятиях Свердловской области.

Региональный компонент: изучение систем автоматизации на предприятиях региона. Применение электротехнических устройств в машиностроении на Уралмашзаводе и Уралвагонзаводе. Электроприводы в металлургии на ЕВРАЗ НТМК и УГМК.

Примеры практических заданий:

1. Собрать электрическую цепь и выполнить измерения.
2. Рассчитать параметры электрической цепи.
3. Собрать схему с датчиком и исполнительным механизмом (на базе Arduino).
4. Написать программу для управления простым устройством.
5. Проанализировать систему автоматизации на предприятии.

Раздел 5. Технологии производства и материаловедение (4 часа)

Современные технологии производства: литьё, обработка давлением, механическая обработка, сварка, аддитивные технологии (3D-печать). Материалы в инженерии: металлы, сплавы, полимеры, композиты. Выбор материалов для конструкций. Контроль качества продукции. Неразрушающие методы контроля (ультразвуковая, магнитная, радиационная дефектоскопия).

Инженерный кейс: анализ технологических процессов на предприятиях Свердловской области. Выбор технологии и материала для изготовления детали.

Региональный компонент: знакомство с технологиями производства на предприятиях региона. На ЕВРАЗ НТМК внедряются 3D-технологии при ремонтах оборудования. На Уралвагонзаводе применяются технологии 3D-печати и 3D-сканирования. Производственные процессы Уралмашзавода (литьё,ковка, механическая обработка).

Примеры практических заданий:

1. Изучить технологию изготовления детали.
2. Выбрать материал для детали по условиям эксплуатации.
3. Проанализировать технологический процесс на предприятии.
4. Подготовить модель к 3D-печати и распечатать прототип.

Раздел 6. Групповая проектная деятельность (4 часа)

Выбор темы группового проекта. Постановка задачи. Планирование работы. Распределение ролей в группе. Реализация проекта (расчёты, моделирование, конструирование, создание чертежей и 3D-моделей). Подготовка презентации и защита проекта.

Примеры тем групповых проектов (с региональным компонентом):

- «Расчёт на прочность элемента металлоконструкции (Уралмашзавод)»
- «3D-модель и чертёж детали вагона (Уралвагонзавод)»
- «Разработка системы автоматического управления технологическим процессом»
- «Выбор материала и технологии изготовления детали для металлургического оборудования (ЕВРАЗ НТМК)»
- «Создание 3D-модели узла оборудования и подготовка конструкторской документации»

Раздел 7. Итоговое занятие (2 часа)

Защита групповых проектов. Подведение итогов 10 класса. Рефлексия. Профориентационная беседа о направлениях дальнейшего обучения и профессиях в области инженерного проектирования.

11 класс

Раздел 1. Инженерный анализ и оптимизация (6 часов)

Методы инженерного анализа. Численные методы в инженерии. Основы конечно-элементного анализа (FEA). Расчёт напряжённо-деформированного состояния конструкций. Оптимизация инженерных решений. Многокритериальная оптимизация. Применение математического моделирования в инженерии. **Программное обеспечение:** Компас-3D с

модулем «Прочность и устойчивость», ANSYS Student (бесплатная версия) или другие доступные CAE-системы.

Инженерный кейс: оптимизация конструкции детали или узла по критериям прочности, массы и стоимости. Анализ конструкций оборудования Уралмашзавода и Уралвагонзавода.

Региональный компонент: применение методов инженерного анализа на предприятиях Свердловской области. Использование CAD/CAE-систем на Уралмашзаводе для проектирования металлургического оборудования.

Примеры практических заданий:

1. Выполнить конечно-элементный анализ простой конструкции (в ПО Компас-3D с модулем «Прочность и устойчивость» или ANSYS Student).
2. Провести оптимизацию сечения балки по условию прочности.
3. Проанализировать напряжённо-деформированное состояние детали.
4. Разработать предложения по оптимизации конструкции.

Раздел 2. Управление проектами и инженерная документация (6 часов)

Основы управления инженерными проектами. Планирование, ресурсы, сроки, бюджет. Методы управления проектами (диаграммы Ганта, сетевые графики). Инженерная документация: виды, структура, требования. Технические условия. Стандартизация и сертификация. Патентование и защита интеллектуальной собственности.

Инженерный кейс: разработка плана-графика инженерного проекта. Составление комплекта конструкторской документации.

Региональный компонент: знакомство с системами управления проектами на предприятиях Свердловской области. Организация проектной деятельности на Уралмашзаводе и Уралвагонзаводе.

Примеры практических заданий:

1. Составить диаграмму Ганта для инженерного проекта.
2. Разработать структуру технического задания.
3. Составить комплект конструкторской документации.
4. Подготовить технические условия на изделие.

Раздел 3. Современные производственные технологии (8 часов)

Цифровое производство: Industry 4.0. Цифровые двойники и промышленный интернет вещей (IIoT). Станки с числовым программным управлением (ЧПУ): устройство, программирование, эксплуатация.

Промышленная робототехника. Аддитивные технологии: 3D-печать металлом и полимерами. Лазерные технологии в производстве. Композитные материалы и их применение. Экологически чистые технологии.

Инженерный кейс: разработка технологического процесса изготовления детали на станке с ЧПУ. Программирование промышленного робота.

Региональный компонент: знакомство с современными производственными технологиями на предприятиях Свердловской области. На Уралмашзаводе и Уралвагонзаводе широко применяются станки с ЧПУ. На ЕВРАЗ НТМК внедряются цифровые технологии. 3D-печать и 3D-сканирование на Уралвагонзаводе.

Примеры практических заданий:

1. Написать программу для станка с ЧПУ (в симуляторе).
2. Разработать технологический процесс изготовления детали.
3. Создать 3D-модель для 3D-печати и распечатать прототип.
4. Изучить устройство и принцип работы промышленного робота.
5. Изучить принципы создания цифровых двойников и применения ИИТ (ознакомительный уровень).

Раздел 4. Инженерная экология и устойчивое развитие (4 часа)

Экологические аспекты промышленного производства. Оценка воздействия на окружающую среду. Способы очистки выбросов и сбросов. Малоотходные и безотходные технологии. Энергоэффективность и ресурсосбережение. Устойчивое развитие в инженерии. Экологический менеджмент.

Инженерный кейс: анализ экологической безопасности промышленного предприятия. Разработка предложений по снижению экологической нагрузки.

Региональный компонент: экологические программы предприятий Свердловской области. Модернизация производств с внедрением экологически чистых технологий. ЕВРАЗ НТМК и УГМК реализуют программы по снижению выбросов.

Примеры практических заданий:

1. Провести анализ экологических аспектов производства.
2. Оценить энергоэффективность технологического процесса.
3. Разработать предложения по снижению экологической нагрузки.
4. Изучить экологическую программу предприятия региона.

Раздел 5. Индивидуальный инженерный проект (8 часов)

Выбор темы индивидуального инженерного проекта (согласование с наставником от предприятия-партнёра). Разработка технического задания. Планирование работы. Выполнение проекта: расчёты, моделирование, конструирование, изготовление прототипа. Оформление пояснительной записки и презентации. Защита проекта с участием наставников от предприятий-партнёров.

Примеры тем индивидуальных проектов (с региональным компонентом):

- «Проектирование узла оборудования для металлургического производства (Уралмашзавод)»
- «Разработка 3D-модели и конструкторской документации узла вагона (Уралвагонзавод)»
- «Модернизация системы автоматизации технологического процесса (ЕВРАЗ НТМК)»
- «Оптимизация конструкции детали по критериям прочности и массы»
- «Разработка технологического процесса изготовления детали с использованием аддитивных технологий»
- «Проектирование системы экологического мониторинга промышленного предприятия»
- «Создание цифрового двойника технологического процесса (на основе симуляции)»

Раздел 6. Итоговое занятие (2 часа)

Защита индивидуальных проектов. Подведение итогов курса. Рефлексия. Профориентационная беседа о востребованных инженерных специальностях в Свердловской области. Встреча с представителями предприятий-партнёров.

СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРОГРАММЫ ПРОФИЛЬНОМУ УРОВНЮ ОБУЧЕНИЯ

Класс	Разделы программы	Соответствие профильным предметам	Примечание
10	Введение в инженерное проектирование	Математика, физика, информатика	Интеграция знаний из разных предметных областей
10	Техническая механика и сопротивление материалов	Физика (механика), математика	Углубление и практическое применение
10	Инженерная графика и 3D-моделирование	Информатика, технология	Освоение САПР, развитие пространственного мышления

Класс	Разделы программы	Соответствие профильным предметам	Примечание
10	Электротехника и основы автоматизации	Физика (электричество)	Практическое применение знаний
10	Технологии производства и материаловедение	Физика, химия	Знакомство с современными технологиями
10	Групповая проектная деятельность	Все предметы	Развитие проектных и командных компетенций
11	Инженерный анализ и оптимизация	Математика, физика, информатика	Применение численных методов и САЕ
11	Управление проектами и инженерная документация	Все предметы	Формирование проектных компетенций
11	Современные производственные технологии	Физика, информатика, технология	Цифровые технологии в производстве
11	Инженерная экология и устойчивое развитие	Физика, химия, биология	Экологическая грамотность
11	Индивидуальный инженерный проект	Все предметы	Интегративный итоговый проект

СИСТЕМА НАКОПИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ДОСТИЖЕНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ

В целях объективного и системного учёта достижений обучающихся разработана **система накопительной оценки (портфолио достижений)**, которая включает следующие компоненты:

1. Паспорт профессиональных проб

Документ, фиксирующий участие обучающегося в профессиональных пробах, экскурсиях на предприятия, мастер-классах, встречах с представителями инженерных профессий. В паспорте отмечаются:

- дата и место проведения мероприятия;
- содержание профессиональной пробы;
- отзыв наставника или представителя предприятия;
- самооценка обучающегося (что узнал, что понравилось, что вызвало трудности).

2. Карта проектной деятельности

Фиксирует участие обучающегося в проектной деятельности с указанием:

- названия проекта;
- этапов выполнения и сроков;
- роли в группе (если проект групповой);
- полученных результатов (расчёты, чертежи, 3D-модели, прототипы, презентация);
- оценки и отзыва руководителя проекта (в том числе от наставника от предприятия).

3. Дневник достижений

Регулярная самооценка обучающимся своих достижений по направлениям:

- качество выполнения инженерных расчётов и анализа;
- работа в САПР и с инженерным оборудованием;
- участие в проектах, конкурсах, олимпиадах;
- развитие профессиональных навыков (новые методы, инструменты, технологии, освоенные за период).

4. Портфолио лучших работ

Сборник лучших инженерных работ, проектов, презентаций обучающегося. Может вестись как в бумажном, так и в электронном виде. Включает:

- расчётно-пояснительные записки;
- чертежи и 3D-модели (файлы и скриншоты);
- отчёты по проектам;
- презентации проектов;
- фотографии и видеоматериалы.

5. Мониторинг профессиональных предпочтений

Проводится два раза в год (сентябрь, май) с использованием анкетирования и опросников. Цель мониторинга:

- выявление динамики интереса к инженерным профессиям;
- определение наиболее привлекательных направлений деятельности;
- корректировка образовательной траектории обучающегося.

Механизмы сбора и анализа данных:

Компонент	Периодичность	Форма фиксации
Паспорт профессиональных проб	По факту участия	Заполненный паспорт с отметками и отзывами
Карта проектной деятельности	По факту завершения проекта	Заполненная карта с оценками
Дневник достижений	Ежеквартально	Записи в дневнике

Компонент	Периодичность	Форма фиксации
Портфолио лучших работ	Ежегодно	Сборник работ в бумажном и/или электронном виде
Мониторинг профессиональных предпочтений	2 раза в год	Анкеты, опросники, аналитические справки

СИСТЕМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Промежуточная аттестация по курсу внеурочной деятельности проводится с целью определения уровня освоения обучающимися программы и осуществляется в следующих формах:

Формы промежуточной аттестации:

Класс	Форма промежуточной аттестации	Сроки	Критерии оценивания
10	Защита группового проекта	Апрель	Критерии оценки проекта
11	Защита индивидуального итогового инженерного проекта	Апрель-Май	Критерии оценки проекта

График промежуточной аттестации:

Этап	Содержание	Сроки
1. Выбор темы проекта	Определение темы, согласование с руководителем и наставником от предприятия	Сентябрь-Октябрь (11 кл.)
2. Планирование работы	Составление плана-графика выполнения проекта	Октябрь
3. Выполнение проекта	Реализация проекта в соответствии с планом	Ноябрь-Март
4. Подготовка презентации	Оформление результатов, подготовка презентации	Март-Апрель
5. Защита проекта	Устная защита с демонстрацией результатов перед комиссией с участием представителей предприятий	Апрель-Май

ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

10 класс (34 часа)

№	Тема занятия	Форма проведения	Кол-во часов	ЭОР / доп. материалы	Примеры заданий	Основные формируемые УУД
1	Введение. Инженерная деятельность: содержание, функции, виды	Фронтальная	1	Презентация, видео	Обсуждение: роль инженера в современном производстве	Познавательные (анализ), коммуникативные (диалог)
2	Этапы инженерного проектирования. Техническое задание	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Составление структуры ТЗ	Познавательные (структурирование), регулятивные (планирование)
3	Техника безопасности в инженерной лаборатории. Инженерное оборудование	Практическая работа	1	Лабораторное оборудование, инструкции по ТБ	Знакомство с оборудованием, отработка правил ТБ	Регулятивные (самоконтроль), познавательные (работа с инструкцией)
4	Промышленность Свердловской области. ПАО «Уралмашзавод», АО «Уралвагонзавод»	Фронтальная	1	Видео предприятий Урала	Подготовка сообщения о предприятиях региона	Познавательные (поиск информации), личностные (патриотизм)
5	ЕВРАЗ НТМК, УГМК — флагманы металлургии Урала	Фронтальная	1	Видео, презентации	Подготовка сообщения о предприятиях	Познавательные (поиск, анализ), личностные (профориентация)
6	Инженерный журнал. Правила ведения записей	Практическая работа	1	Образцы записей	Оформление инженерного журнала	Регулятивные (планирование), познавательные (структурирование)
7	Основы теоретической механики: статика, кинематика, динамика	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Решение задач на равновесие	Познавательные (анализ, расчёт)
8	Силы и моменты сил. Условия равновесия	Практическая работа	1	Лабораторное оборудование	Определение реакций опор	Познавательные (расчёт), регулятивные (выполнение)
9	Расчёт реакций опор	Практическая работа	1	Лабораторное оборудование	Расчёт реакций опор для балки	Познавательные (расчёт, анализ)

№	Тема занятия	Форма проведения	Кол-во часов	ЭОР / доп. материалы	Примеры заданий	Основные формируемые УУД
10	Основы сопротивления материалов: напряжение, деформация	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Решение задач на напряжение	Познавательные (анализ, расчёт)
11	Расчёт на прочность при растяжении-сжатии	Практическая работа	1	Лабораторное оборудование	Расчёт напряжения и деформации	Познавательные (расчёт)
12	Расчёт на прочность при изгибе	Практическая работа	1	Лабораторное оборудование	Расчёт на прочность при изгибе	Познавательные (расчёт)
13	Расчёт на прочность при кручении	Практическая работа	1	Лабораторное оборудование	Расчёт на прочность при кручении	Познавательные (расчёт)
14	Инженерный кейс: расчёт прочности элементов металлоконструкций	Кейс-занятие	1	Данные предприятий	Расчёт прочности элемента конструкции	Познавательные (применение), коммуникативные (работа в группе)
15	Правила выполнения чертежей. ЕСКД	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Изучение правил оформления чертежей	Познавательные (анализ)
16	Построение видов, разрезов, сечений	Практикум	1	Чертежные инструменты	Выполнение чертежа с разрезами	Регулятивные (выполнение), познавательные (пространственное мышление)
17	Нанесение размеров и допусков	Практикум	1	Чертежные инструменты	Нанесение размеров на чертеже	Познавательные (применение)
18	Работа в САПР: Компас-3D. Интерфейс, основные инструменты	Практическая работа	1	САПР (Компас-3D)	Освоение интерфейса САПР	Познавательные (работа с ПО), регулятивные (настройка)
19	Создание 3D-моделей деталей: операции выдавливания, вращения	Практическая работа	1	САПР	Создание 3D-модели детали	Познавательные (моделирование)

№	Тема занятия	Форма проведения	Кол-во часов	ЭОР / доп. материалы	Примеры заданий	Основные формируемые УУД
20	Создание 3D-моделей деталей: операции по сечениям	Практическая работа	1	САПР	Создание сложной 3D-модели	Познавательные (моделирование)
21	Создание сборок и сопряжений	Практическая работа	1	САПР	Создание 3D-модели сборки	Познавательные (моделирование)
22	Генерация чертежей из 3D-моделей	Практическая работа	1	САПР	Генерация чертежа из модели	Познавательные (моделирование)
23	Основы электротехники: электрические цепи, закон Ома	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Решение задач на закон Ома	Познавательные (анализ, расчёт)
24	Законы Кирхгофа. Расчёт электрических цепей	Практическая работа	1	Лабораторное оборудование	Сборка и расчёт цепи	Регулятивные (сборка), познавательные (расчёт)
25	Электрические машины: генераторы, двигатели	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Изучение устройства двигателя	Познавательные (анализ)
26	Трансформаторы. Электроизмерительные приборы	Практическая работа	1	Лабораторное оборудование	Изучение трансформатора	Познавательные (исследование)
27	Основы автоматизации: датчики, исполнительные механизмы	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Классификация датчиков	Познавательные (классификация)
28	Введение в программирование микроконтроллеров (Arduino)	Практическая работа	1	Arduino, среда программирования	Написание простой программы	Познавательные (программирование), регулятивные (отладка)
29	Принципы промышленной автоматизации	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Анализ систем автоматизации	Познавательные (анализ)
30	Современные технологии производства: литьё, обработка давлением	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Изучение технологий	Познавательные (анализ)

№	Тема занятия	Форма проведения	Кол-во часов	ЭОР / доп. материалы	Примеры заданий	Основные формируемые УУД
3 1	Механическая обработка, сварка. Аддитивные технологии (3D-печать)	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Изучение аддитивных технологий	Познавательные (анализ)
3 2	Материалы инженерии: металлы, сплавы, полимеры, композиты	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Выбор материала для детали	Познавательные (анализ, выбор)
3 3	Защита групповых проектов	Конференция	1	Презентации, прототипы	Презентация и защита проектов	Коммуникативные (выступление, аргументация)
3 4	Итоговое занятие. Рефлексия. Профориентационная беседа	Рефлексия	1	—	Подведение итогов года	Личностные (самооценка, профориентация)

11 класс (34 часа)

№	Тема занятия	Форма проведения	Кол-во часов	ЭОР	Примеры заданий	Основные формируемые УУД
1	Методы инженерного анализа. Численные методы инженерии	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Решение задач численными методами	Познавательные (анализ, расчёт)
2	Основы конечно-элементного анализа (FEA). ПО для FEA (Компас-3D CAE, ANSYS Student)	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/ , Компас-3D CAE	Изучение принципов FEA и знакомство с ПО	Познавательные (анализ)
3	Расчёт напряжённо-деформированного состояния конструкций	Практическая работа	1	САПР с модулем CAE (Компас-3D и «Прочность и устойчивость»)	Выполнение FEA-анализа простой конструкции	Познавательные (моделирование, анализ)

№	Тема занятия	Форма проведения	Кол-во часов	ЭОР	Примеры заданий	Основные формируемые УУД
4	Оптимизация инженерных решений. Многокритериальная оптимизация	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Решение задачи оптимизации	Познавательные (оптимизация)
5	Применение математического моделирования в инженерии	Практическая работа	1	САПР, электронные таблицы	Моделирование процесса	Познавательные (моделирование)
6	Инженерный кейс: оптимизация конструкции детали	Кейс-занятие	1	Данные предприятий	Оптимизация конструкции	Познавательные (применение), коммуникативные (работа в группе)
7	Основы управления инженерными проектами. Планирование	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Составление плана проекта	Регулятивные (планирование)
8	Методы управления проектами: диаграммы Ганта, сетевые графики	Практическая работа	1	Программное обеспечение	Построение диаграммы Ганта	Познавательные (планирование)
9	Инженерная документация: виды, структура, требования	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Изучение структуры документации	Познавательные (анализ)
10	Технические условия. Стандартизация и сертификация	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Изучение требований ГОСТ	Познавательные (анализ)
11	Патентование и защита интеллектуальной собственности	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Изучение основ патентования	Познавательные (анализ)
12	Инженерный кейс: разработка	Кейс-занятие	1	Данные предприятий	Разработка плана проекта	Познавательные (применение),

№	Тема занятия	Форма проведения	Кол-во часов	ЭОР	Примеры заданий	Основные формируемые УУД
	плана-графика проекта					регулятивные (планирование)
13	Цифровое производство: Industry 4.0. Цифровые двойники	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Изучение концепции Industry 4.0 и цифровых двойников	Познавательные (анализ)
14	Промышленный интернет вещей (IIoT)	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Изучение принципов IIoT	Познавательные (анализ)
15	Станки с ЧПУ: устройство, программирование, эксплуатация	Практическая работа	1	Симулятор ЧПУ	Написание программы для ЧПУ	Познавательные (программирование)
16	Промышленная робототехника	Практическая работа	1	Робототехнические наборы	Программирование робота	Познавательные (программирование)
17	Аддитивные технологии: 3D-печать металлом и полимерами	Практическая работа	1	3D-принтер	Подготовка модели к печати	Познавательные (технология)
18	Лазерные технологии в производстве	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Изучение лазерных технологий	Познавательные (анализ)
19	Композитные материалы и их применение	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Изучение свойств композитов	Познавательные (анализ)
20	Экологически чистые технологии	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Изучение экологических технологий	Познавательные (анализ), личностные (экологическое сознание)
21	Инженерный кейс: разработка технологического процесса	Кейс-занятие	1	Данные предприятий	Разработка техпроцесса	Познавательные (применение), коммуникативные (работа в группе)
22	Экологические аспекты	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Анализ экологических проблем	Познавательные (анализ)

№	Тема занятия	Форма проведения	Кол-во часов	ЭОР	Примеры заданий	Основные формируемые УУД
	промышленного производства					
23	Оценка воздействия на окружающую среду	Практическая работа	1	Данные предприятий	Оценка воздействия	Познавательные (анализ)
24	Способы очистки выбросов и сбросов	Практическая работа	1	Лабораторное оборудование	Изучение способов очистки	Познавательные (исследование)
25	Малоотходные и безотходные технологии. Энергоэффективность	Фронтальная	1	https://resh.edu.ru/	Анализ энергоэффективности	Познавательные (анализ)
26	Выбор темы индивидуального проекта. Разработка ТЗ	Групповая	1	Индивидуальные консультации	Выбор темы, разработка ТЗ	Регулятивные (планирование), коммуникативные (обсуждение)
27	Планирование работы над проектом	Групповая	1	Индивидуальные консультации	Составление плана-графика	Регулятивные (планирование)
28 - 29	Выполнение проекта: расчёты, моделирование	Групповая	2	Индивидуальные консультации	Проведение расчётов и моделирования	Познавательные (исследование), регулятивные (самоконтроль)
30 - 31	Выполнение проекта: конструирование, изготовление прототипа	Групповая	2	Индивидуальные консультации	Создание прототипа	Познавательные (конструирование), регулятивные (выполнение)
32	Оформление пояснительной записки и презентации	Групповая	1	Индивидуальные консультации	Оформление результатов	Регулятивные (оформление), коммуникативные (презентация)
33	Защита индивидуальных проектов	Конференция	1	Презентации, прототипы	Презентация и защита проектов	Коммуникативные

№	Тема занятия	Форма проведения	Кол-во часов	ЭОР	Примеры заданий	Основные формируемые УУД
						(выступление, аргументация)
34	Итоговое занятие. Рефлексия. Профориентационная беседа	Рефлексия	1	—	Подведение итогов курса	Личностные (самооценка, профориентация)

ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДОСТИЖЕНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Для оценки личностных результатов:

Индикатор	Типовое задание	Форма фиксации
Паспорт профессиональных проб	«Заполни паспорт профессиональных проб после экскурсии на предприятие»	Заполненный паспорт с отметками
Рефлексивное эссе	«Напиши эссе о своём впечатлении от экскурсии на Уралмашзавод»	Текст эссе
Дневник самооценки	«Оцени свои достижения в инженерной деятельности за четверть»	Записи в дневнике

Для оценки метапредметных результатов:

Индикатор	Типовое задание	Форма фиксации
Познавательные УУД	«Проанализируй инженерную задачу и предложи решение»	Отчёт по работе
Коммуникативные УУД	«Представь результаты своего проекта перед классом и ответь на вопросы»	Протокол защиты
Регулятивные УУД	«Составь план работы над проектом с указанием сроков и этапов»	План-график

Для оценки предметных результатов:

Класс	Индикатор	Типовое задание	Форма фиксации
10	Инженерный расчёт	«Выполни расчёт на прочность балки»	Расчётно-пояснительная записка
10	3D-моделирование	«Создай 3D-модель детали в САПР»	Файл 3D-модели
10	Черчение	«Выполни чертёж детали по 3D-модели»	Чертёж

Класс	Индикатор	Типовое задание	Форма фиксации
11	Инженерный анализ	«Выполни конечно-элементный анализ конструкции в Компас-3D CAE»	Отчёт по анализу
11	Проект	«Разработай инженерный проект по заданию предприятия»	Проект (ПЗ, модель, презентация)

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ И ПРОЕКТОВ

Критерии оценки практических работ (инженерные расчёты):

Критерий	Показатели	Баллы
Правильность расчётов	Расчёты выполнены правильно, соблюдена размерность	0–2
Обоснованность	Выбор методов и допущений обоснован	0–2
Анализ результатов	Результаты проанализированы, сделаны правильные выводы	0–2
Оформление	Работа оформлена аккуратно, приведены пояснения, схемы	0–2
Соответствие ТЗ	Результат соответствует техническому заданию	0–2
Самостоятельность	Работа выполнена самостоятельно	0–1
Соблюдение техники безопасности	В ходе работы не нарушены правила ТБ	0–2
Защита результатов	Обучающийся может объяснить ход работы и ответить на вопросы	0–1
Максимальный балл		14

Критерии оценки практических работ (3D-модели и чертежи):

Критерий	Показатели	Баллы
Правильность моделирования	Модель соответствует заданию, правильно выбраны операции	0–2
Точность	Размеры модели соответствуют заданным	0–2
Качество модели	Модель выполнена с использованием необходимых элементов	0–2
Соответствие чертежу	Модель соответствует чертежу, правильно проставлены размеры	0–2

Критерий	Показатели	Баллы
Оптимизация	Модель построена рационально, без лишних операций	0–2
Самостоятельность	Работа выполнена самостоятельно	0–1
Соблюдение техники безопасности	В ходе работы не нарушены правила ТБ	0–2
Защита результатов	Обучающийся может объяснить ход работы и ответить на вопросы	0–1
Максимальный балл		14

Шкала перевода баллов в оценку:

- 12–14 баллов — «отлично»
- 9–11 баллов — «хорошо»
- 6–8 баллов — «удовлетворительно»
- 0–5 баллов — «неудовлетворительно»

Критерии оценки проекта:

Критерий	Показатели	Баллы
Актуальность	Связь с промышленностью Свердловской области, практическая значимость	0–2
Глубина проработки	Обоснованность решений, полнота исследования	0–2
Самостоятельность	Степень самостоятельности выполнения, участие наставников	0–2
Качество презентации	Устная защита, демонстрация продукта, аргументация	0–2
Оформление	Соответствие требованиям к оформлению (ПЗ, чертежи, модели)	0–2
Инновационность	Использование современных методов и инструментов	0–1
Командная работа	Распределение ролей, взаимодействие в группе	0–1
Максимальный балл		12

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Для учителя:

1. Федеральный портал «Российское образование»: <http://www.edu.ru/>
2. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов: <http://school-collection.edu.ru/>
3. Российская электронная школа: <https://resh.edu.ru/>
4. Ботвинников А.Д., Виноградов В.Н., Вышнепольский И.С. Черчение. 7–8 классы: Учебник. — М.: АСТ: Астрель.
5. Хейфец А.Л. и др. Инженерная 3D-компьютерная графика.
6. Логиновский А.Н. Инженерная 3D-компьютерная графика: Учебник.
7. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: Учебник. — М.: МГТУ им. Баумана.
8. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. — М.: Высшая школа.
9. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. — М.: Высшая школа.
10. Материалы о промышленности Свердловской области: официальный сайт Правительства Свердловской области, сайты предприятий (ПАО «Уралмашзавод», АО «Уралвагонзавод», ЕВРАЗ НТМК, УГМК).

Перечень современных программных средств:

Инструмент	Назначение	Ссылка
Компас-3D	Система автоматизированного проектирования для 3D-моделирования и черчения (включая модуль «Прочность и устойчивость» для CAE-анализа)	https://kompas.ru/
ANSYS Student	Бесплатная версия ПО для конечно-элементного анализа	https://www.ansys.com/academic/students
SolidWorks	Система автоматизированного проектирования (для ознакомления)	https://www.solidworks.com/
Fusion 360	3D-моделирование и САПР	https://www.autodesk.com/products/fusion-360
Tinkercad	Простое 3D-моделирование, электронные схемы	https://www.tinkercad.com/
Arduino IDE	Программирование микроконтроллеров	https://www.arduino.cc/
Cura	Слайсер для подготовки моделей к 3D-печати	https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura
MathCAD	Инженерные расчёты	По лицензии ООО

Инструмент	Назначение	Ссылка
Электронные таблицы (Excel, Google Таблицы)	Обработка данных, построение графиков	В составе MS Office / бесплатно

Для обучающихся:

1. Ботвинников А.Д., Виноградов В.Н., Вышнепольский И.С. Черчение. 7–8 классы: Учебник. — М.: АСТ: Астрель.
2. Компас-3D: Учебное пособие для начинающих.
3. Онлайн-курсы по инженерному проектированию и 3D-моделированию:
 - <https://education.yandex.ru/>
 - <https://stepik.org/>
4. Техническая документация предприятий-партнёров (по согласованию).

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ С УКАЗАНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ И МЕТОДОВ

Для 10 класса (групповые проекты):

Тема проекта	Необходимое оборудование	Примерные методы
«Расчёт на прочность элемента металлоконструкции (по данным Уралмашзавода)»	Компьютер с САПР, справочные материалы	Расчёт реакций опор, построение эпюр, расчёт напряжений
«3D-модель и чертёж детали вагона (Уралвагонзавод)»	Компьютер с САПР (Компас-3D)	Создание 3D-модели, генерация чертежа
«Разработка системы автоматического управления на базе Arduino»	Arduino, датчики, исполнительные механизмы	Сборка схемы, программирование, тестирование
«Выбор материала и технологии изготовления детали для металлургического оборудования»	Справочные материалы, 3D-принтер	Анализ условий работы, выбор материала, 3D-печать прототипа

Для 11 класса (индивидуальные проекты):

Тема проекта	Необходимое оборудование	Примерные методы
«Конечно-элементный анализ и оптимизация конструкции детали»	Компас-3D с модулем «Прочность и устойчивость» или ANSYS Student	Создание модели, задание нагрузок, анализ напряжений, оптимизация
«Разработка 3D-модели и конструкторской документации узла оборудования»	Компьютер с САПР (Компас-3D)	Создание 3D-моделей деталей, сборка, чертежи, спецификация
«Программирование станка с ЧПУ для изготовления детали»	Симулятор ЧПУ, 3D-принтер	Написание G-кода, симуляция, печать прототипа
«Создание цифрового двойника технологического процесса»	Компьютер, ПО для моделирования	Сбор данных, построение модели, анализ
«Проектирование системы экологического мониторинга промышленного предприятия»	Датчики, Arduino, компьютер	Сборка измерительной системы, программирование, анализ данных

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ УЧИТЕЛЯ

1. Организация работы по проведению инженерных расчётов:

При выполнении инженерных расчётов необходимо обращать внимание на обоснованность выбора методов, точность вычислений и анализ полученных результатов. Рекомендуется начинать с простых задач, постепенно усложняя задания. Важно прививать обучающимся системный подход к решению инженерных задач.

2. Организация работы в САПР:

Работа в САПР осуществляется в компьютерном классе. Рекомендуется начинать с освоения базовых операций, постепенно переходя к более сложным видам моделирования. Важно обеспечить каждому обучающемуся доступ к компьютеру с установленным программным обеспечением. Для САЕ-анализа в 11 классе рекомендуется использовать доступное ПО: Компас-3D с модулем «Прочность и устойчивость» или бесплатную версию ANSYS Student.

3. Поддержка проектной деятельности:

Этап	Деятельность учителя	Деятельность обучающихся
Выбор темы	Предоставление списка тем, консультации, согласование с предприятиями	Выбор темы, формулировка задачи
Планирование	Консультации по составлению плана	Составление плана-графика
Выполнение	Мониторинг, консультации, помощь в подборе материалов	Сбор данных, работа с инструментами, создание продукта
Оформление	Рекомендации по оформлению	Подготовка презентации, оформление результатов
Защита	Организация защиты, приглашение экспертов от предприятий	Устная защита, демонстрация продукта

4. Сетевое взаимодействие с предприятиями:

Рекомендуется активно использовать возможности сетевого взаимодействия с предприятиями-партнёрами:

- проведение экскурсий на предприятия;
- привлечение инженеров-практиков для проведения мастер-классов и наставничества;
- использование реальных технических заданий и кейсов предприятий;
- организация профессиональных проб и стажировок.

5. Техника безопасности:

При работе с оборудованием и инструментами необходимо соблюдать правила техники безопасности:

- правильная посадка за рабочим столом/компьютером;
- соблюдение временных ограничений (не более 20 минут непрерывной работы за компьютером);
- проветривание помещения;
- соблюдение правил работы с электроинструментами, станками, 3D-принтерами;
- соблюдение правил работы с электроприборами;
- знание правил оказания первой помощи при травмах и поражении электрическим током.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Формы контроля и учёта достижений обучающихся:

1. **Текущий контроль:** выполнение практических работ (расчёты, чертежи, 3D-модели, программирование), устные ответы, участие в обсуждениях, ведение инженерного журнала.

2. **Промежуточный контроль:** тематические зачёты (в конце каждой четверти), проверочные работы, защита групповых проектов в 10 классе.

3. **Итоговый контроль:** защита индивидуального инженерного проекта в 11 классе.

Примеры заданий для текущего контроля:

10 класс:

- Выполнить расчёт на прочность балки.
- Создать 3D-модель детали в САПР.
- Выполнить чертёж детали с разрезами.
- Собрать электрическую цепь и выполнить измерения.
- Написать программу для Arduino.

11 класс:

- Выполнить конечно-элементный анализ конструкции в Компас-3D CAE или ANSYS Student.
- Разработать технологический процесс изготовления детали.
- Составить диаграмму Ганта для проекта.
- Подготовить модель к 3D-печати и распечатать прототип.
- Защитить индивидуальный инженерный проект.

МОНИТОРИНГ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Индикаторы достижения результатов:

Результат	Индикатор	Критерий оценки
Личностные	Интерес к инженерным профессиям	Участие в проектах, экскурсиях, профессиональных пробах
Личностные	Мотивация к продолжению образования	Выбор инженерных специальностей при поступлении в вузы
Метапредметные	Способность планировать и организовывать работу	Качество выполнения проектов, соблюдение сроков
Метапредметные	Навыки работы в команде	Эффективность групповой работы, распределение ролей
Предметные	Владение инженерными навыками	Качество выполнения расчётов, моделей, чертежей
Предметные	Применение инженерных знаний	Правильность использования методов и инструментов

Уровень 1. Мониторинг образовательных результатов обучающихся

Показатель	Периодичность	Ответственный	Форма отчетности
Успеваемость по практическим работам	Ежеквартально	Учитель	Журнал успеваемости
Динамика метапредметных результатов	2 раза в год	Учитель	Аналитическая справка
Динамика личностных результатов (по портфолио)	Ежегодно	Учитель/психолог	Аналитическая справка
Результативность участия в конкурсах и олимпиадах	Ежегодно	Учитель	Аналитическая справка
Качество выполнения проектов	По итогам защиты	Учитель/эксперты от предприятий	Протокол защиты

Уровень 2. Мониторинг условий реализации программы

Показатель	Периодичность	Ответственный	Форма отчетности
Укомплектованность кадрами	Ежегодно	Директор ОО	Отчёт по кадрам
Повышение квалификации педагогов	Ежегодно	Заместитель директора по УВР	Справка о повышении квалификации
Материально-техническое оснащение	Ежегодно	Заместитель директора по АХР	Акт проверки
Реализация проектной деятельности	Ежеквартально	Учитель	Отчёт о реализации проектов
Сетевое взаимодействие с предприятиями	Ежегодно	Заместитель директора по УВР	Отчёт о реализации договоров

ГРАФИК ПЛАНИРУЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ С ПРЕДПРИЯТИЯМИ

№	Мероприятие	Срок	Формат	Ответственные
1	Заключение/продлонгация договоров о сетевом взаимодействии	Сентябрь	Организационное совещание	Директор ОО, руководители предприятий
2	Экскурсия на ПАО «Уралмашзавод» (знакомство с	Октябрь	Производственная экскурсия	Классный руководитель,

№	Мероприятие	Срок	Формат	Ответственные
	конструкторским бюро и производством)			представитель предприятия
3	Мастер-класс по инженерному проектированию от инженеров Уралмашзавода	Ноябрь	Практическое занятие	Учитель, инженеры-конструкторы
4	Экскурсия на АО «Уралвагонзавод» (знакомство с 3D-технологиями и производством)	Декабрь	Производственная экскурсия	Классный руководитель, представитель предприятия
5	Профессиональные пробы на ЕВРАЗ НТМК (3D-сканирование, печать, работа с оборудованием)	Февраль	Практические занятия на производстве	Учитель, наставники
6	Мастер-класс от инженеров-конструкторов УГМК	Март	Встреча с представителями профессии	Классный руководитель
7	Защита проектов с участием представителей предприятий-партнёров	Апрель	Конференция	Учитель, эксперты от предприятий
8	Подведение итогов, планирование на следующий год	Май	Круглый стол	Директор ОО, руководители предприятий

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ПРЕДПРИЯТИЯМИ-ПАРТНЁРАМИ

В рамках реализации программы предусмотрено сетевое взаимодействие с промышленными предприятиями Свердловской области в соответствии с образовательным стандартом «Инженерный класс.66» и проектом «Уральская инженерная школа».

Ключевые предприятия-партнёры:

1. **ПАО «Уралмашзавод»** (г. Екатеринбург) — ведущее предприятие тяжёлого машиностроения, производит оборудование для металлургии, горнодобывающей промышленности, энергетики. Использование CAD-систем (Компас-3D, SolidWorks, NX) для

проектирования гидравлических систем и металлургического оборудования. Применение 3D-моделирования для проектирования гидроплит и гидропанелей.

2. **АО «Уралвагонзавод»** (г. Нижний Тагил) — разработка и производство военной техники, дорожно-строительных машин, железнодорожных вагонов. Конструкторы достигли высокого уровня в 3D-моделировании. Применение обратного инжиниринга на основе полученных сканов в САД-системе. Использование технологии 3D-печати и 3D-сканирования. Предприятие реализует программу «Мобильная подготовка кадров для высокотехнологичных производств УВЗ».

3. **ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат (ЕВРАЗ НТМК)** (г. Нижний Тагил) — производство более 1200 марок стали. Внедрение 3D-технологий при ремонтах основного металлургического оборудования. Приобретение 3D-сканеров и принтеров для трехмерного сканирования и печати деталей. Создание 3D-моделей при проектировании. Совместно с УрФУ реализуется программа «Инженерные решения для современного производства».

4. **Уральская горно-металлургическая компания (УГМК)** (г. Верхняя Пышма) — объединяет более 40 предприятий. Создание 3D-моделей для цифрового моделирования. Применение современных инженерных технологий в производстве цветных металлов.

Формы взаимодействия:

- проведение экскурсий и профессиональных проб на базе предприятий;
- привлечение работников предприятий к реализации образовательной программы в сетевой форме и наставнической деятельности (инженеры-конструкторы, технологи, специалисты по 3D-моделированию);
- использование в учебных заданиях, лабораторных работах и проектах примеров, связанных с промышленностью и технологиями Свердловской области;
- участие в региональных инженерных конкурсах и олимпиадах в рамках проекта «Уральская инженерная школа»;
- проведение мастер-классов с участием инженеров-конструкторов предприятий;
- выполнение индивидуальных проектов по заказам предприятий.

Механизмы оценки эффективности партнёрских отношений:

Показатель	Критерий	Периодичность
Количество проведённых совместных мероприятий	Выполнение плана мероприятий на 80 процентов и более	Ежегодно
Удовлетворённость участников	Положительные отзывы от обучающихся, педагогов,	Ежегодно

Показатель	Критерий	Периодичность
	представителей предприятий (анкетирование)	
Количество реализованных проектов с участием предприятий	Не менее 1 проекта на класс в год	Ежегодно
Доля обучающихся, посетивших предприятия	Не менее 70 процентов обучающихся участвуют в экскурсиях и профессиональных пробах	Ежегодно
Качество проектных работ	Соответствие требованиям предприятий-партнёров	По итогам защиты