

А.Ю. Култышев

**ФОРМУЛА
ТУРБИН**



ТУРМА и ДВИМА: **ЭНЕРГИЯ ДРУЖБЫ**

ТУРБОСЕРВИС

Лидер по обслуживанию
газовых турбин в России

14

Лет успешной
работы

350

Выполненных инспекций
всех уровней сложности

20

Обслуживаемых
станций

20 тыс.

Восстановленных
деталей газовых турбин

- Полевой сервис
- Восстановление компонентов
- Поставки капитальных частей и расходных материалов
- Реинжиниринг и производство компонентов
- Продление жизненного цикла газовых турбин
- Техническая поддержка 24/7

www.seturbo.ru



Серия научно-технических изданий «Формула турбин»

Култышев А. Ю.

ТУРМА И ДВИМА: ЭНЕРГИЯ ДРУЖБЫ

Монография

Иллюстрации Капралова А.Д. и Протасова Ф.А.

Санкт-Петербург

2026

УДК 621.165.051

ББК 31.363

K90

Култышев А.Ю. Турма и Двима: энергия дружбы / А. Ю. Култышев. – СПб., 2026. – 102 с. – (Серия научно-технических изданий «Формула турбин»).

ISBN 978-5-6055928-9-1

Книга «Турма и Двима: энергия дружбы» входит в серию изданий «Формула турбин».

Идея, концепция и образовательная цель издания с элементами комикса представляет собой научно-популярное текстово-графическое произведение, сочетающее вымышленное повествование с технически точной информацией. Основная цель – в увлекательной форме объяснить принципы работы газовых и паровых турбин, их различия, преимущества и современные инженерные решения в области энергетики и промышленности. Подобный подход, объединяющий развлечение и обучение, успешно применяется в современных образовательных комиксах, которые делают сложные темы доступными для широкой аудитории.

Ил. 37.

Печатается при поддержке журнала «Турбины и Дизели», компаний «ТурбоСервис Рус» и «РЕНН-К»

ISBN 978-5-6055928-9-1

Оглавление.

От автора.....	4
Обращение к читателям.....	7
Полный день Турмы.....	9
Полный день Двимы.....	11
Энергия дружбы.....	14
Турма и Двима празднуют День энергетики	43
Турма и Двима делают сервис оборудования.....	47
Как Турма и Двима внедряют ИИ на тепловой электростанции.....	52
Турма и Двима развивают Энергоград до Индустрии 4.0.....	57
Как Турма и Двима внедряют Индустрию 5.0 в Энергограде.....	66
Как Турма и Двима внедряют Индустрию 6.0 в Энергограде.....	74
Турма и Двима: покорение Солнечной системы из Энергограда....	83
Орбитальная энергетическая станция «Солнечный мост».....	89
Модульная концепция орбитальной станции «Солнечный мост»....	94

От автора.

До сих пор команда специализированного научно-практического журнала «Турбины и Дизели» и коллектив авторов серии научно-технических изданий «Формула турбин» работали для профильной аудитории энергетической и энергомашиностроительной областей. Шаг за шагом коллективами создавалось и публиковалось все больше и больше материалов, статей, рубрик и уже целых изданий по истории техники, биографии людей профильных отраслей, а также образовательным проектам. Настоящее издание «Турма и Двима: энергия дружбы» при поддержке журнала, компаний-партнеров «ТурбоСервис Рус» и «РЕНН», выпускаемое в продолжении серии изданий «Формула турбин», представляется в новом научно-просветительском содержательном и типографическом форматах.

Художественный, визуальный стиль оформления издания выполнен в мультяшном стиле с элементами научной графики. Такое сочетание позволило сделать технически сложные темы доступными для широкой аудитории в возрасте от 6 лет, что подтверждается успешным опытом создания технических комиксов, например, инструкций по эксплуатации автомобилей КАМАЗ в 1983 году.

Издание включает иллюстрации, демонстрирующие состав электрической станции и конструкции турбин. Такой подход характерен для научно-популярных изданий и комиксов, где визуальные элементы играют ключевую роль в объяснении сложных концепций.

Идея, концепция и образовательная цель издания с элементами комикса представляет собой научно-популярное текстографическое произведение, сочетающее вымышленное

повествование с технически точной информацией. Основная цель – в увлекательной форме объяснить принципы работы газовых и паровых турбин, их различия, преимущества и современные инженерные решения в области энергетики и промышленности. Подобный подход, объединяющий развлечение и обучение, успешно применяется в современных образовательных комиксах, которые делают сложные темы доступными для широкой аудитории.

Детальная проработка персонажей строится на принципах языка формы и цветовой психологии, где визуальные элементы напрямую отражают сущность и характеры героев.

Турма – антропоморфная газовая (огненная) турбина. Внешний вид и цветовая гамма: Персонаж женского пола. Доминирующая цветовая палитра – оттенки оранжевого, красного и золотого, символизирующие огонь и высокую температуру. Ее волосы стилизованы под языки пламени, обладающие динамичной, колышущейся формой. Одежда интегрирует элементы конструкции газовой турбины: на груди, предплечьях и голени присутствуют стилизованные лопаточные решетки, напоминающие рабочие колеса и сопловые аппараты. В дизайне костюма используются защитные панели, аналогичные системам охлаждения реальных турбин, работающих в экстремальных температурных условиях.

Характер и аналогия с техникой: Турма импульсивна, энергична, решительна и склонна к быстрым действиям. Ее эмоции яркие и быстро меняющиеся. Этот характер напрямую отражает свойства газотурбинных установок: высокую мощность, быстрый запуск, маневренность, но также потребность в постоянном «контроле» и управлении высокоэнергетическими процессами.

Двима – антропоморфная паровая турбина. Внешний вид и цветовая гамма: персонаж мужского пола. Основные цвета – холодная сине-голубая и стальная серая гамма, ассоциирующаяся с водой, паром и металлом. Волосы имеют волнистую, клубящуюся структуру, напоминающую струи пара. Его костюм более строгий и монолитный, с элементами, отсылающими к массивным корпусам цилиндров паровой турбины высокого и низкого давления. Визуальные детали (застежки, ремни, узоры) имитируют фланцевые соединения, патрубки и контрольные приборы.

Двима – персонаж спокойный, обстоятельный, методичный и надежный. Он предпочитает взвешенные решения, основанные на расчетах. Его характер соответствует ключевым чертам паровых турбин: стабильность работы, высокий КПД, надежность и долговечность, но также более долгий и сложный цикл запуска.

Сюжетная линия основного рассказа «Энергия дружбы» построена по классической структуре с четким конфликтом и его разрешением.

Приятного чтения, друзья!



Хуснутдинов Рустем Рафикович,
генеральный директор ООО «РЕНН-К»

Обращение к читателям.

Перед вами уникальное издание – современные актуальные мировые темы представлены в интересном «научно-мультяшном» формате! Такое представление позволяет доступно раскрывать содержание книги разным возрастам! Позволю себе с интересом порассуждать над рассказами.

В мире, где вся энергия вырабатывается турбинами, возникает масштабный кризис: источники энергии иссякают. Турма, представляющая быстрые и мощные газовые турбины, предлагает решение, основанное на мгновенном сжигании экстренных запасов топлива для резкого роста мощности. Двима, олицетворяющий стабильные паровые турбины, выступает против, предлагая долгосрочный план с перестройкой циклов и использованием альтернативных источников для нагрева воды. Их спор перерастает в прямое противостояние, демонстрирующее читателям технические «за» и «против» каждой технологии.

Попытки главных героев решить проблему в одиночку терпят неудачу. Интенсивный метод Турмы приводит к перегреву и риску аварии, в то время как медленный план Двимы не успевает предотвратить нарастающие отключения. Их конфликт достигает пика, но общая угроза заставляет их остановиться. Этот момент становится поворотным пунктом для анализа ошибок. В сюжет естественным образом вплетаются технические вставки, объясняющие причины неудач: необходимость сложных систем охлаждения для газовых турбин и инерционность парового цикла.

Осознав ограниченность своих подходов по отдельности, Турма и Двима начинают сотрудничать. Турма использует высокотемпературные выхлопные газы от своей «газовой турбины», а Двима направляет их для нагрева воды и генерации дополнительного пара в своем цикле. Вместе они создают комбинированную парогазовую установку, которая демонстрирует более высокий общий КПД и надежность. Финалом становится не просто победа над кризисом, а рождение новой, более эффективной технологии, символизирующей синергию и инженерную мысль. Такой финал будет близок читателю.

Турма предстает перед читателем в момент уверенности: динамичная поза с опорой на одну ногу, вторая слегка отставлена назад. Лицо персонажа выражает непоколебимую уверенность и энтузиазм. Волосы-пламя изображены в динамичном развигивании. На ее костюме четко прорисованы «лопаточные» элементы: нагрудная панель в виде стилизованного рабочего колеса с расходящимися от центра ребрами. На предплечьях – кольцевые элементы, напоминающие направляющие аппараты.

Образ Двимы чаще предстает в состоянии аналитического размышления: статичная, уравновешенная поза. Лицо спокойное, сосредоточенное. Волосы-пар изображены в более плавном, медленном и клубящемся движении. Костюм Двимы имеет более монолитный вид с крупными блоками.

В издании объяснение физических принципов (преобразование тепловой энергии в механическую, циклы Ренкина и Брайтона, надежность, КПД) интегрируется непосредственно в сюжет через упрощенное описание и иллюстрации.

Прочитав рукопись рассказов, решил по-дружески поддержать издание. С нетерпением жду публикации и выхода продолжения!

Полный день Турмы.

6:00 – Подъём. Турма просыпается резко, словно от внутреннего толчка. Её «волосы пламя» вспыхивают, освещая комнату. Она не любит долго лежать – сразу вскакивает, делает несколько энергичных упражнений. В процессе разминки случайно поджигает уголок одеяла – быстро тушит его, ворча: «Опять!»

6:30 – Завтрак. Завтракает на ходу, почти не замечая еды. Гло-тает чашку горячего чая (он мгновенно остывает от её тепла), хват-тает бутерброд и выбегает из дома. По пути успевает бросить соседу: «Сегодня будет великий день! Чувствую!»

7:00–9:00 – Проверка газовых турбин. Бегает между агрега-тами, проверяет давление, температуру, состояние форсунок. Бы-стро вносит корректировки: где-то меняет фильтры, где-то перенастраивает подачу топлива. Ругается на медлительность техники: «Ну же, давай, работай!» Замечает небольшую утечку газа – мгновенно устраняет, не дожидаясь вызова ремонтников. Даёт указания рабочим в своём стиле: «Здесь быстрее! Там под-тянуть! Вперёд, вперёд!»



Турма и Двима: энергия дружбы

9:00–11:00 – Совещание с командой. Энергично излагает план на день: «Мы должны увеличить выработку на 20% к обеду!». Рисует на доске схемы, которые меняются каждые 30 секунд. Прерывает всех, кто говорит слишком медленно: «Я поняла, дальше!». Предлагает три новых идеи за пять минут, потом сама же их отвергает. В конце совещания загорается от вдохновения: «А что, если мы...» – и начинает новый поток идей.

11:00–13:00 – Работа над инновациями. Экспериментирует с новыми материалами для камер сгорания. Создаёт прототип усовершенствованной форсунки – он взрывается в руках, но Турма только смеётся: «Почти получилось!». Записывает идеи в блокнот, который уже полон полустёртых записей и рисунков. Привлекает Р-7 к расчётам: «Быстрее, робот, мне нужно знать сейчас!».

13:00–14:00 – Обед. Обедает в столовой, но не сидит на месте: встаёт, ходит, жестикулирует, продолжает обсуждать идеи с коллегами. Еда почти остывает – Турма делает пару быстрых глотков горячего супа и бежит дальше.

14:00–16:00 – Обучение молодых инженеров. Проводит мастер-класс по быстрому ремонту турбин. Показывает приёмы работы, которые освоила сама: «Смотрите, это делается за три секунды, а не за три минуты!». Ученики едва успевают за ней: «Повторяйте, быстрее, быстрее!». Когда кто-то ошибается, не ругает, а показывает лично: «Вот так, видишь? Теперь попробуй сам». Вдохновляет молодёжь своим энтузиазмом.

16:00–18:00 – Встреча с жителями. Отвечает на вопросы горожан о энергоснабжении. Объясняет сложные технические вещи простыми словами, сопровождая огненными иллюстрациями. Обещает решить проблемы «прямо сейчас» – Двима потом мягко корректирует сроки. Зажигает в людях энтузиазм: «Вместе мы сделаем Энергоград лучшим городом!»

18:00–19:00 – Ужин и отдых. Ужинает дома, но не расслабляется. Обсуждает с Линой и Р-7 планы на завтра. Время от времени её пламя вспыхивает от новых идей.

19:00–21:00 – Вечерняя проверка. Последний обход турбин перед сном. Проверяет датчики, общается с ночными дежурными. Успокаивается, видя, что всё работает.

21:00 – Подготовка ко сну. Перед сном записывает в дневник самые важные идеи дня. Её пламя постепенно тускнеет, движения замедляются. Засыпает быстро, но даже во сне её пальцы подрагивают, будто настраивают невидимые механизмы.

Полный день Двимы.

5:30 – Подъём. Двима просыпается плавно, без резких движений. Его «волосы пар» медленно рассеиваются, капли конденсата стекают по коже. Он несколько минут лежит, планируя день.

5:45–6:15 – Утренняя медитация и зарядка. Выполняет плавные упражнения, контролируя дыхание. Вокруг него образуется лёгкий туман – это помогает настроиться на день.

6:15–7:00 – Завтрак. Завтракает неспешно, обдумывая задачи. Пьёт тёплый чай, наблюдая за конденсатом на чашке. Читает утренние отчёты о работе турбин, делает пометки.

7:00–9:00 – Осмотр паровых турбин. Тщательно проверяет каждый узел: давление, температуру, уровень воды, состояние труб. Записывает показания датчиков в журнал, сравнивает с предыдущими днями. Замечает микротрещину в трубе – отмечает для планового ремонта через неделю. Проверяет систему охлаждения, убеждается, что конденсат отводится правильно. Спокойно объясняет рабочим, как улучшить обслуживание.



9:00–11:00 – Анализ данных и планирование. Сидит за столом, окружённый графиками и схемами. Анализирует данные за последнюю неделю, строит прогнозы на месяц. Рассчитывает оптимальные режимы работы турбин для экономии ресурсов. Разрабатывает план модернизации одного из агрегатов. Пишет подробные инструкции для персонала.

11:00–12:00 – Консультация с Р-7. Обсуждает с роботом алгоритмы автоматического контроля системы. Проверяет расчёты Р-7, предлагает улучшения. Они работают синхронно: робот быстро считает, Двима тщательно анализирует.

12:00–13:00 – Обед. Обедает спокойно, обдумывая утренние результаты. Слушает новости города, делает заметки о возможных экологических рисках.

13:00–15:00 – Обучение и наставничество. Проводит лекцию для молодых инженеров о принципах работы паровых турбин.

Рисует подробные схемы на доске, объясняет каждый элемент. Отвечает на вопросы терпеливо, даже если их задают по несколько раз. Показывает, как правильно вести журналы наблюдений. Учит замечать мелкие детали, которые могут привести к серьёзным проблемам.

15:00–17:00 – Встреча с экологами. Обсуждает с Элой и её командой влияние турбин на окружающую среду. Предлагает способы снизить выбросы пара. Планирует посадку деревьев вокруг энергостанции для улучшения микроклимата.

17:00–18:30 – Проверка систем безопасности. Тестирует аварийные клапаны, проверяет резервные насосы. Убеждается, что все датчики работают исправно. Обновляет план действий на случай аварии. Оставляет подробные инструкции для ночных дежурных.

18:30–19:30 – Ужин. Ужинает дома в тишине. Читает книгу по истории инженерии. Иногда делает заметки – идеи для будущих улучшений.

19:30–21:00 – Вечерний анализ. Изучает данные дневных наблюдений. Сравнивает показатели с нормативами. Планирует работы на завтра. Пишет отчёт для городского совета. Проверяет, все ли задачи выполнены по плану.

21:00–22:00 – Подготовка ко сну. Принимает тёплый душ, который успокаивает его систему. Делает несколько дыхательных упражнений. Его пар становится тоньше, капли конденсата уменьшаются. Записывает в дневник итоги дня и главные выводы.

22:00 – Сон. Засыпает медленно, его дыхание выравнивается. Даже во сне его подсознание продолжает анализировать данные и искать оптимальные решения. Утром он проснётся отдохнувшим и готовым к новому дню тщательной, продуманной работы.

Глава 1. Тень над Энергоградом.

Мир, где живут Турма и Двима, называется Энергоград. Он построен вокруг гигантских турбин – сердца города, дающего свет, тепло и движение всем механизмам.

Но однажды случилось нечто страшное: старые турбины начали выходить из строя одна за другой.

Турма, огненная турбина, стояла на вершине холма, глядя на город, погружающийся во тьму. Её оранжево красные волосы трепетали на ветру, а глаза, словно раскалённые угли, сверкали в сумерках. Рядом с ней сидела маленькая девочка Лина, дочь главного инженера энергосистемы города.

– Почему всё гаснет, Турма? – спросила Лина.

– Не бойся, – Турма положила руку ей на плечо. – Мы это исправим. Нужно действовать быстро! Мы построим новые газовые турбины! Они дадут энергию мгновенно!

Внизу, у подножия холма, стоял Двима. Его сине-голубые одежды мерцали в полутьме, а из кончиков пальцев струился



Турма и Двима: энергия дружбы

лёгкий пар. Рядом с ним был его помощник – робот техник Р-7, который анализировал данные с датчиков.

– Поспешность – враг надёжности, – спокойно ответил Двима. – Паровые турбины работают медленнее, но они стабильнее и безопаснее. Мы должны восстановить старую систему.

Их взгляды встретились – огонь и пар, скорость и стабильность. Спор перерос в горячий спор, а затем и в конфликт. Турма, не желая терять время, отправилась собирать команду для строительства газовых турбин. Двима же начал восстанавливать систему паровых котлов и турбин.

Энергоград погружается во тьму из-за выхода из строя турбин.

Турма предлагает быстрое решение – газовые турбины. Двима настаивает на восстановлении паровых.

Девочка Лина, дочь главного инженера Энергограда, исследуя архивы, находит карту энергосистемы с отметками о резервных источниках энергии, о которых все забыли.



Турма и Двима: энергия дружбы

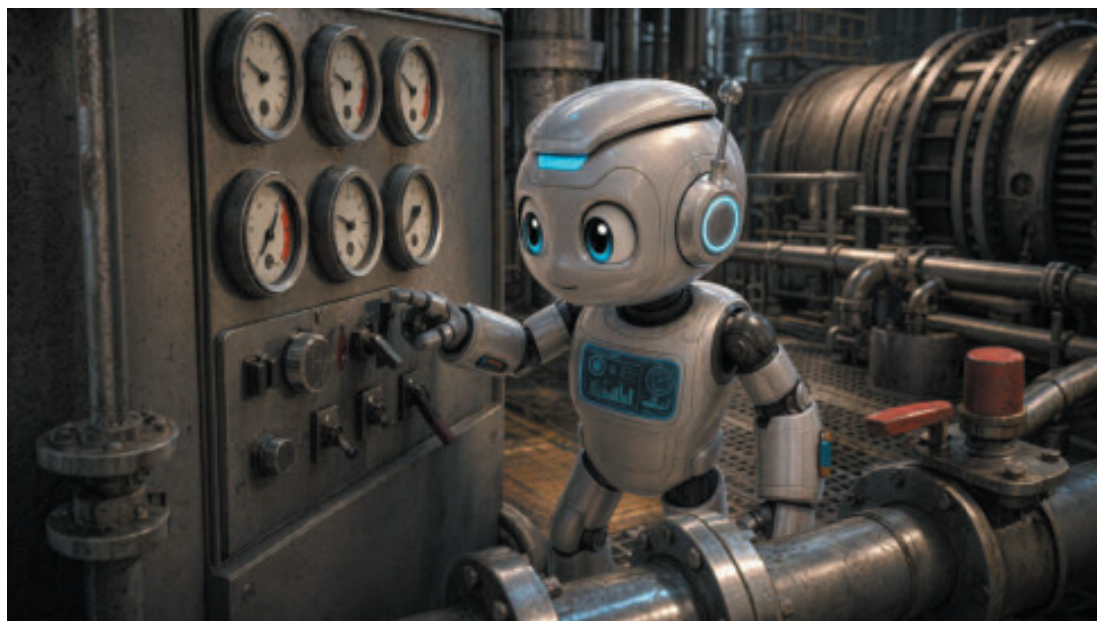
Лина пытается показать карту Турме, но та слишком занята организацией строительства и отмахивается: «Сейчас не до старых карт, Лина! Нам нужна энергия сейчас». Лина решает изучить карту подробнее и замечает, что резервные источники расположены рядом с горными реками – это может помочь Двиме.

Робот Р-7, анализируя данные с датчиков, обнаруживает странные скачки давления в системе охлаждения газовых турбин – они происходят в одно и то же время каждый день.

Робот начинает расследование и выясняет, что кто-то вручную корректирует настройки системы охлаждения, снижая её эффективность.

Он сообщает об этом Двиме, но тот сначала не придаёт этому значения, считая это технической ошибкой.

В старом здании мэрии мэр Лопатин и члены Тайного совета обсуждают план: «Пусть Турма и Двима соревнуются. Кто победит, тот и получит контракт на восстановление всего города. А мы получим контроль над энергосистемой». Агент совета предлагает



подкупить кого-то из команды Турма, чтобы замедлить её проект. Лопатин соглашается: «Главное, чтобы никто не догадался о нашем участии».



Глава 2. Путь Турма.

Турма работала без устали. Под её руководством рабочие возводили огромные газовые турбины. Они были мощными, стремительными, и вскоре первая турбина была готова.

– Запускаю! – крикнула Турма.

Турбина взревела, из её трубы вырвался столб пламени. Город озарился ярким светом. Люди ликovali – энергия вернулась!

Но радость была недолгой. Через несколько часов турбина начала перегреваться. Турма почувствовала, как её собственные силы иссякают.

Турма и Двима: энергия дружбы

– Топливо заканчивается, – прошептала она. – И система охлаждения не справляется...

Вторая турбина, запущенная позже, повторила судьбу первой. Турма стояла перед дымящимися механизмами, чувствуя себя побеждённой. Её план быстрого решения проблемы обернулся крахом.

Лина находит в архиве чертежи комбинированной системы, где газовая турбина нагревает воду для паровой. Она пытается рассказать об этом Турма, но та, в панике из-за очередной поломки, кричит: «Лина, не мешай! У нас нет времени на старые сказки!». Лина расстраивается, но решает сохранить чертежи и показать их Двиме.

Один из рабочих, подкупленный Тайным советом, незаметно портит систему охлаждения второй турбины, ослабляя крепления трубок. Лина замечает, как он что-то делает у турбины, но не успевает остановить его. Когда турбина запускается, трубки лопаются, вызывая перегрев. Турма в отчаянии: «Опять! Что мы делаем не так?».





Турма, в отчаянии, идёт к старому отшельнику, живущему в горах. Он давно изучал энергетические системы. Отшельник говорит ей: «Огонь силён, но без воды он сжигает всё. Найди баланс. Посмотри, как природа сочетает огонь и воду – вулканы нагревают реки, создавая пар».

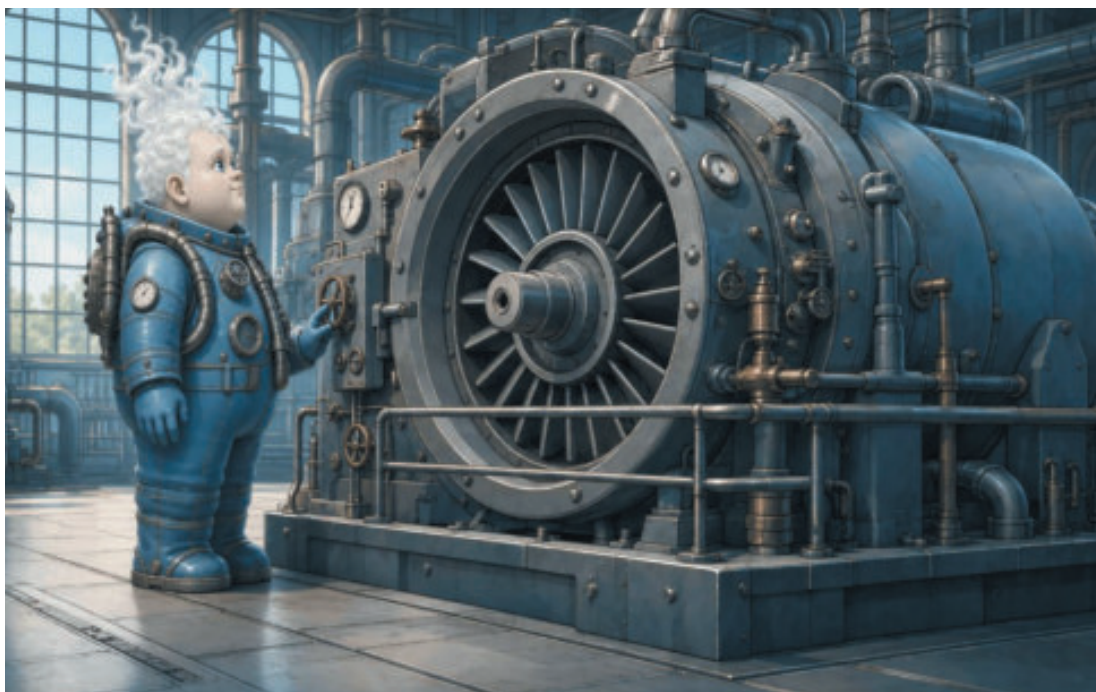
Турма задумывается:

– Баланс... Может, я слишком полагалась на силу огня?

Глава 3. Путь Двима.

Тем временем Двима трудился над восстановлением паровых турбин. Он проверял каждый котёл, чистил трубы, налаживал подачу воды. – Всё должно быть идеально, – повторял он. – Пар требует терпения.

Наконец, первая паровая турбина была готова к запуску. Двима глубоко вдохнул и активировал механизм. Турбина начала медленно вращаться, набирая обороты. Пар заполнил систему, и энергия потекла в город.



Но проблема была в скорости. Пока турбина выходила на полную мощность, часть города оставалась без света. Люди начали волноваться.

– Почему так медленно? – спрашивали они.

Двима хмуро смотрел на показания приборов.

– Вода заканчивается, – пробормотал он. – Без постоянного притока мы не сможем поддерживать работу.

Робот Р-7 обнаруживает аномалию в данных: уровень воды в резервуарах падает быстрее, чем должно быть. Он начинает расследование и выясняет, что кто-то тайно откачивает воду.

Р-7 продолжает анализировать данные и обнаруживает, что вода из резервуаров откачивается через скрытый трубопровод. Он отслеживает путь трубопровода и выясняет, что он ведёт к складам Тайного совета. Робот сообщает об этом Двима: «Кто-то крадёт воду. Это саботаж». Двима хмурится: «Значит, кто-то не хочет, чтобы мы восстановили систему».

Эла, эколог, подходит к Двиме и говорит: «Если ты будешь использовать столько воды, реки обмелеют. Это нарушит экосистему города». Она предлагает использовать дождевую воду и конденсат: «У нас есть технологии для сбора и очистки. Это решит проблему нехватки воды».

Двима вдохновляется:

– Ты права. Мы можем сделать систему более устойчивой.

Тайный совет действует. Агент мэра Лопатина подходит к Двиме с предложением: «Мы дадим тебе финансирование для паровых турбин, если ты поделишься контролем над энергосистемой».

Двима твёрдо отказывается: «Я не продам будущее города ради денег. Мы найдём другой путь».

Агент уходит, бормоча: «Значит, будем действовать иначе...».

Глава 4. Первые столкновения.

Турма шла по улицам Энергограда, глядя на угасающие огни. Её плечи опустились от усталости. Внезапно она увидела Двиму – он стоял у неработающей паровой турбины, задумчиво глядя на манометр. Рядом с ним была Эла, а неподалёку Лина показывала Р-7 старые чертежи.

– Не получается? – тихо спросила Турма.

Двима поднял глаза. – Вода. Её не хватает для постоянной работы. А у тебя?

– Перегрев и нехватка топлива, – вздохнула Турма. – Мы оба ошиблись, думая, что можем решить проблему в одиночку.

Они стояли молча, глядя друг на друга. Огонь и пар. Скорость и стабильность. Два разных подхода, два разных решения.

– А что, если... – начал Двима.

– Если мы объединим наши силы? – закончила за него Турма.



Лина подбежала к ним, размахивая чертежами: – Смотрите! Наши предки уже делали это! Комбинированная система – газовая турбина даёт старт, а её тепло нагревает воду для паровой!

Р-7 подтвердил:

– Анализ данных показывает: КПД такой системы будет на 40% выше.

Эла улыбнулась: – И это будет экологичнее – меньше выбросов и экономнее расход воды.

Они решают объединить усилия и найти способ убедить Турма и Двиму.

Эла выступает перед жителями: «Мы не должны выбирать между огнём и паром. Нам нужен баланс. Давайте поможем Турма и Двиме найти решение!». Часть жителей прислушивается к ней. Они начинают обсуждать, как можно объединить проекты.

Глава 5. Тайны архивов.

Лина углубляется в архивы и находит доказательства эффективности комбинированной системы.

Турма и Двима: энергия дружбы

Лина расшифровывает древние записи: обнаруживает дневник инженера, который проектировал старую комбинированную систему. В нём описаны преимущества и недостатки. Она находит упоминание о том, что система была разрушена намеренно: «Кто-то хотел монополизировать энергоснабжение».

Лина понимает: «История повторяется. Тайный совет хочет того же!».

Р-7 использует данные Лины, чтобы создать 3D модель комбинированной системы. Он демонстрирует, как газовая часть нагревает воду для паровой.

Модель показывает, что система экономит топливо и воду, а также снижает выбросы. Р-7 говорит: «Это не просто теория. Это работает».

Турма случайно подслушивает разговор агентов Тайного совета: «Если они объединятся, наш план провалится. Нужно помешать им». Она понимает, что её проект саботировали. Турма решает найти Двиму и поговорить с ним.



Глава 6. Точка перелома.

Турма и Двима осознают, что их подходы дополняют друг друга. Лина показывает чертежи, Р-7 подтверждает расчётами, Эла поддерживает идею.

Лина объясняет: «Предки уже делали это! Газовая турбина даёт старт, её тепло нагревает воду для паровой». Р-7 демонстрирует 3D модель: «КПД на 40 % выше, выбросы ниже». Эла добавляет: «И это экологичнее – меньше топлива, меньше воды».

Турма признаёт: «Я была слишком уверена в силе огня. Но ты прав, Двима, нам нужен баланс».

Двима улыбается: «Вместе мы создадим что-то новое».

Глава 7. Начало синтеза.

Идея была простой и гениальной одновременно. Газовая турбина даст быстрый старт и основную мощность. А её выхлопные газы, вместо того чтобы уходить в атмосферу, будут нагревать воду для паровой турбины.

– Двойное использование энергии, – восхищённо произнёс Двима. – КПД системы возрастет в разы!



Они принялись за работу вместе. Турма руководила монтажом газовых турбин, а Двима налаживал паровые контуры. Лина координировала работу инженеров, Р-7 анализировал данные в реальном времени, а Эла следила за экологическими показателями.

Мэр Лопатин пытается саботировать проект: отключает подачу материалов, распространяет слухи о небезопасности новой системы. Но команда Турма и Двимы, поддерживаемая жителями, продолжает работу.

Глава 8. Испытание системы.

Во время пробного запуска возникает аварийная ситуация: давление в контуре пара резко падает. Турма и Двима действуют синхронно – она стабилизирует горение, он перенаправляет потоки. Турма стабилизирует горение, Двима перенаправляет потоки – система спасена. Лина обнаруживает, что авария была подстроена.

Во время аварии Р-7 фиксирует несанкционированный доступ к системе управления. Он отслеживает IP адрес и выясняет, что сигнал шёл с ноутбука агента Тайного совета. Робот делает запись: «Авария была спровоцирована извне. Цель – дискредитировать проект». Р-7 передаёт данные Лине и Эле, которые решают сохранить информацию до решающего момента.

Двима предлагает усилить безопасность и установить дополнительные датчики и систему автоматического отключения в случае аномалий. Он поручает Р-7 разработать алгоритм защиты от взлома. Робот создаёт многоуровневую систему аутентификации.

«Теперь никто не сможет вмешаться без нашего ведома», – говорит Двима.

Турма и Двима: энергия дружбы

Турма признаёт, что поспешность опасна, смотрит на спасённую систему и говорит: «Я всегда думала, что скорость – главное. Но без тщательной подготовки даже самый быстрый старт может обернуться катастрофой». Она благодарит Двиму: «Спасибо, что научил меня терпению».

Двима отвечает: «А ты научила меня действовать решительно, когда это нужно».

Система спасена. Через несколько дней система была готова. Турма и Двима стояли рядом, держась за руки. Лина, Р-7 и Эла стояли рядом.

- Вместе, – сказала Турма.
- На старт, – добавил Двима.
- Запуск! – крикнули они хором.

Газовая турбина взревела, выбрасывая поток раскалённых газов. Но теперь эти газы не уходили впустую в дымовую трубу – они попадали в утилизирующий котел, где нагревали воду для паровой турбины.

Вторая турбина плавно набрала обороты. Энергия потекла в город – стабильная, мощная, эффективная.





Глава 9. Открытие секрета предков.

Лина находит записи о том, что старая комбинированная система была разрушена намеренно. Р-7 восстанавливает хронологию событий. Эла понимает, что история повторяется. Команда решает защитить новую систему. Лина предлагает создать резервные копии всех чертежей и данных в разных частях города. Р-7 разрабатывает систему шифрования и распределённого хранения информации. Он создаёт несколько зашифрованных копий, спрятанных в разных местах. «Даже если кто-то уничтожит одну копию, остальные останутся», – объясняет робот.

Лина организует группу добровольцев для копирования чертежей вручную. Они создают несколько полных комплектов схем. Один комплект хранится в школе, другой – в библиотеке, третий – в доме Двимы.

«Так никто не сможет уничтожить все доказательства», – говорит Лина.

Двима разрабатывает план защиты от саботажа. Двима предлагает установить круглосуточное дежурство у системы. Жители добровольно записываются в патруль. Эла организует экологический мониторинг: «Мы будем следить не только за техникой, но и за окружающей средой». Турма обучает добровольцев основам работы с турбинами: «Если что-то пойдёт не так, вы сможете быстро отреагировать».

Глава 10. Подготовка к запуску.

Система почти готова. Турма и Двима проверяют каждый узел. Лина обучает новых инженеров. Р-7 настраивает автоматику. Эла готовит экологический отчёт. Мэр Лопатин готовит последний удар.

Р-7 создаёт резервное питание.

Зная о планах мэра Лопатина отключить питание во время запуска, робот Р-7 разрабатывает систему резервного питания на аккумуляторах. Робот подключает дополнительные солнечные панели и ветрогенераторы.



«Даже если основное питание пропадёт, система продолжит работать», – докладывает Р-7.

Эла убеждает жителей прийти на площадь. Эла обращается к жителям через городской канал связи: «Приходите на площадь в день запуска! Давайте покажем, что мы – одна команда!». Жители начинают готовиться: шьют флаги, рисуют плакаты, репетируют песни.

Дети делают бумажные фонарики, которые будут символизировать свет новой энергии. Турма и Двима проводят финальное совещание. Турма и Двима собираются с командой в старом зале мэрии. Турма говорит: «Сегодня мы не просто запускаем турбины. Мы запускаем новую эру для Энергограда».

Двима добавляет: «И эта эра будет основана на сотрудничестве, а не на противостоянии». Лина, Р-7 и Эла кивают головами в знак согласия.

Глава 11. День запуска.

Запуск комбинированной системы. Энергия возвращается в город. Огни вспыхивают ярче. Люди аплодируют.

Мэр Лопатин пытается отключить питание. В момент запуска мэр Лопатин нажимает кнопку отключения питания. Но система переключается на резервное питание от Р-7.

Мэр в ярости: «Как?!». Р-7 спокойно отвечает: «Мы предусмотрели этот сценарий».

Жители празднуют. Площадь заполнена людьми. Дети запускают бумажные фонарики. Взрослые обнимаются и смеются.

Лина стоит рядом с Турма и Двимой: «Это наш общий успех!».

Эла говорит: «И он только начало. Теперь мы можем сделать Энергоград ещё лучше».



Символический момент: Турма и Двима одновременно нажимают кнопки запуска. Газовая турбина начинает реветь, выбрасывая раскалённые газы. Газы попадают в теплообменник, нагревают воду. Паровая турбина плавно набирает обороты.

Энергия течёт в город – стабильная, мощная, эффективная. Огни вспыхивают ярче, чем когда-либо прежде. Люди аплодируют, кричат «Ура!».

Глава 12. Триумф и последствия.

Энергоград празднует.

Полиция прибывает на площадь. Офицер объявляет: «Мэр Лопатин, вы арестованы за саботаж и попытку захвата контроля над энергосистемой».

Лопатин бледнеет: «Вы не понимаете... Я действовал на благо города!».

Эла твёрдо говорит: «Нет, вы действовали на благо себе. А мы будем действовать на благо всех».



Эла становится новым мэром. Жители единогласно избирают Элу новым мэром. Она обещает: «Мы построим город, где технологии служат людям, а не наоборот». Первым её указом становится создание комиссии по экологическому развитию. Лина предлагает создать школу инженеров. Лина выступает перед жителями: «Нам нужны новые инженеры, которые будут строить будущее Энергограда!». Жители поддерживают идею аплодисментами. Дети радостно кричат: «Я хочу учиться!». Турма и Двима улыбаются: «Наконец то у нас есть шанс передать знания следующему поколению».

Глава 13. Школа инженеров.

Открывается школа. Лина – координатор, Р-7 – наставник по автоматизации, Эла – по экологии. Турма учит принципам горения, Двима – работе с паром. Ученики предлагают улучшения системы: изучают комбинированную систему и предлагают свои

идеи. Один мальчик предлагает использовать тепло выхлопных газов для обогрева домов. Девочка предлагает установить датчики для мониторинга выбросов в реальном времени. Лина поощряет их инициативу: «Именно так рождаются инновации!».

Робот Р-7 разрабатывает виртуальный симулятор работы турбин. Ученики могут экспериментировать с настройками, не рискуя реальной системой.

Симулятор показывает последствия разных решений: перегрев, нехватку воды, падение давления. «Это помогает понять, как всё взаимосвязано», – объясняет Р-7. Эла организует экскурсии на природу. Эла ведёт учеников в горы, к горным рекам. Она показывает, как вода питает турбины, и как важно сохранять экосистему. Дети учатся собирать дождевую воду и очищать её. «Природа – наш лучший учитель», – говорит Эла.



Глава 14. Угроза извне.

Из соседнего города прибывает делегация с просьбой о помощи – у них кризис энергии. Турма предлагает отправить чертежи, Двима советует сначала помочь наладить систему.

Лина организует группу волонтеров: объявляет набор добровольцев для миссии помощи. Ученики школы инженеров с энтузиазмом записываются. Она делит их на группы: инженеры, экологи, связисты. Каждый получает четкие задачи.

«Мы не просто дадим им чертежи, – говорит Лина. – Мы поможем построить систему с нуля!». Р-7 готовит мобильные диагностические модули. Р-7 разрабатывает компактные устройства для анализа энергосистем. Они могут выявлять утечки, скачки давления и другие проблемы. Модули оснащаются ИИ для автоматической диагностики. Р-7 обучает волонтеров их использовать.

«С этими модулями мы найдём все слабые места их системы», – докладывает робот.

Эла разрабатывает экологический план. Эла изучает экосистему соседнего города. Она обнаруживает, что местные реки загрязнены промышленными отходами. Эколог предлагает очистить водоёмы и использовать дождевую воду для турбин. «Без здоровой природы не может быть устойчивой энергии», – подчёркивает она.

Глава 15. Миссия помощи.

Команда отправляется в соседний город. Они обнаруживают, что там используют устаревшие технологии. Турма и Двима адаптируют комбинированную систему под местные условия. Местные жители сопротивляются переменам: старожилы соседнего города не доверяют приезжим: «Зачем нам ваши новшества? Мы всегда жили так!».

Молодёжь, наоборот, с интересом изучает чертежи. Между поколениями возникает конфликт. Турма находит подход к старшим: «Мы не отменяем ваши традиции. Мы делаем их эффективнее». Лина находит союзников среди молодёжи: проводит встречи с местной молодёжью. Она показывает 3D модель комбинированной системы.

Молодые люди впечатлены: «Так можно получить больше энергии и меньше загрязнять реку!». Они создают группу поддержки проекта и помогают убеждать старших. Р-7 обучает местных техников и проводит мастер классы по работе с автоматикой. Он показывает, как настраивать датчики и анализировать данные. Местные техники сначала скептически относятся к роботу, но быстро понимают его ценность. Один из них говорит: «Теперь я вижу, как технологии могут облегчить нашу работу».

Глава 16. Конфликт и примирение.

Часть местных жителей устраивает протесты против изменений. Эла проводит встречи, Турма показывает созидательную силу огня, Двима демонстрирует стабильность пара.

Лина предлагает построить небольшую демонстрационную турбину на окраине города. Волонтёры собирают её за несколько дней. На открытии присутствуют сотни людей. Когда турбина запускается, Лина объясняет: «Она даёт энергию и не загрязняет реку. Это будущее вашего города».

Р-7 разрабатывает виртуальную интерактивную модель энергосистемы города. Жители могут «управлять» турбинами на экране. Модель показывает последствия разных решений: загрязнение реки, перебои с энергией, рост затрат.

Люди начинают понимать: «Старые методы обходятся нам слишком дорого». Протесты стихают, начинается сотрудничество.



После демонстрации старейшины признают: «Вы правы. Нам нужны изменения». Они предлагают свои знания о местных условиях: «Река здесь течёт быстрее, а ветер меняет направление в полдень». Команда благодарит их: «Ваше понимание природы поможет сделать систему ещё лучше».

Глава 17. Успех миссии.

Комбинированная система запущена. Соседний город получает энергию. Турма, Двима и команда возвращаются в Энергоград героями. Мэр соседнего города предлагает долгосрочное сотрудничество и объявляет: «Мы хотим заключить договор с Энергоградом. Будем обмениваться технологиями и ресурсами». Он предлагает создать общий энергетический совет, куда войдут инженеры обоих городов.

Турма и Двима соглашаются: «Вместе мы сможем сделать больше». Эла инициирует экологический обмен и предлагает про-



грамму: «Энергоград будет делиться опытом в экологии, а соседний город – знаниями о местных ресурсах».

Начинается проект по очистке рек и посадке деревьев. Дети из обоих городов участвуют в акциях.

«Природа не знает границ, – говорит Эла. – И наше сотрудничество тоже».

Лина планирует международный конгресс инженеров. Лина получает письма от инженеров из других регионов. Они просят рассказать о комбинированной системе. Она объявляет о подготовке конгресса: «Мы соберём лучших умов, чтобы обсудить устойчивое развитие». Двима добавляет: «Это шанс создать глобальное сообщество инженеров».

Глава 18. Конгресс инженеров.

В Энергограде проходит конгресс. Инженеры со всего мира изучают комбинированную систему. Турма и Двима выступают с докладами. Лина проводит экскурсии. Р-7 демонстрирует автоматизацию. Предлагаются улучшения системы.

Турма и Двима: энергия дружбы

Инженер из горного региона предлагает использовать геотермальное тепло в паровой турбине. Учёный из прибрежного города добавляет: «А морские течения могут вращать дополнительные турбины». Команда записывает все идеи: «Мы создадим обновлённую версию системы с учётом этих решений».

Закключаются соглашения о сотрудничестве. Представители разных городов подписывают договоры о совместных проектах. Создаётся международная ассоциация инженеров устойчивого развития. Турма избирается её почётным членом.

Двима предлагает: «Давайте запустим пилотные проекты в каждом регионе и обменяемся результатами».

Эла запускает глобальный экологический проект. Эла представляет план: «Каждый город, использующий нашу систему, будет выделять 5% энергии на экологические инициативы». Предлагается программа по восстановлению лесов, очистке водоёмов и защите редких видов. Участники конгресса аплодируют: «Это не просто технология. Это философия будущего».



Глава 19. Будущее Энергограда.

Энергоград становится мировым центром инноваций. Строятся новые объекты, внедряются технологии. Лина, Турма, Двима, Р-7 и Эла планируют следующий этап развития – строительство «Города будущего».

На окраине Энергограда начинается строительство экспериментального района. Дома оснащаются солнечными панелями и ветрогенераторами.

Р-7 разрабатывает систему умного управления энергией: «Она будет распределять ресурсы в зависимости от погоды и потребностей жителей».

Дети из школы инженеров участвуют в проектировании: «Мы хотим, чтобы наш город был самым зелёным!»

Турма и Двима открывают лабораторию для молодых изобретателей. Здесь можно тестировать новые идеи без риска для городской системы. Первый проект – турбина, использующая биогаз из органических отходов. Ученики Лины с гордостью представляют её.

«Каждый может стать частью прогресса», – говорит Турма.

Эла и Лина запускают образовательную программу по устойчивым технологиям. Они доступны для всех желающих. Курсы включают виртуальные экскурсии по Энергограду, уроки от Турма и Двимы, задания от Р-7.

«Знания должны быть открыты для всех», – подчёркивает Лина.

Глава 20. Эпилог. Свет, который мы создали.

Прошло несколько лет. Энергоград – образец устойчивого развития. Турма и Двима продолжают работать вместе. Их история вдохновляет новые поколения.

В Энергограде проводится первый Международный фестиваль энергии, посвящённый устойчивым технологиям. Приезжают делегации со всего мира. На главной площади дети запускают бумажные фонарики – символ света, который они создали вместе. Турма говорит: «Этот свет – не просто энергия. Это надежда на лучшее будущее». Школа инженеров становится университетом устойчивого развития. Открываются факультеты экологии, автоматизации и энергетики.

Р-7 становится профессором робототехники. Он учит студентов создавать помощников для инженеров. Двима читает лекции о балансе технологий и природы: «Прогресс не должен идти вразрез с окружающим миром».

В центре города устанавливают памятник Турма и Двиме. Они изображены рядом, их руки соединены, а между ними – модель комбинированной системы из газовой и паровой турбин.





Общий вид газовой турбины.
Расшифровка позиций:

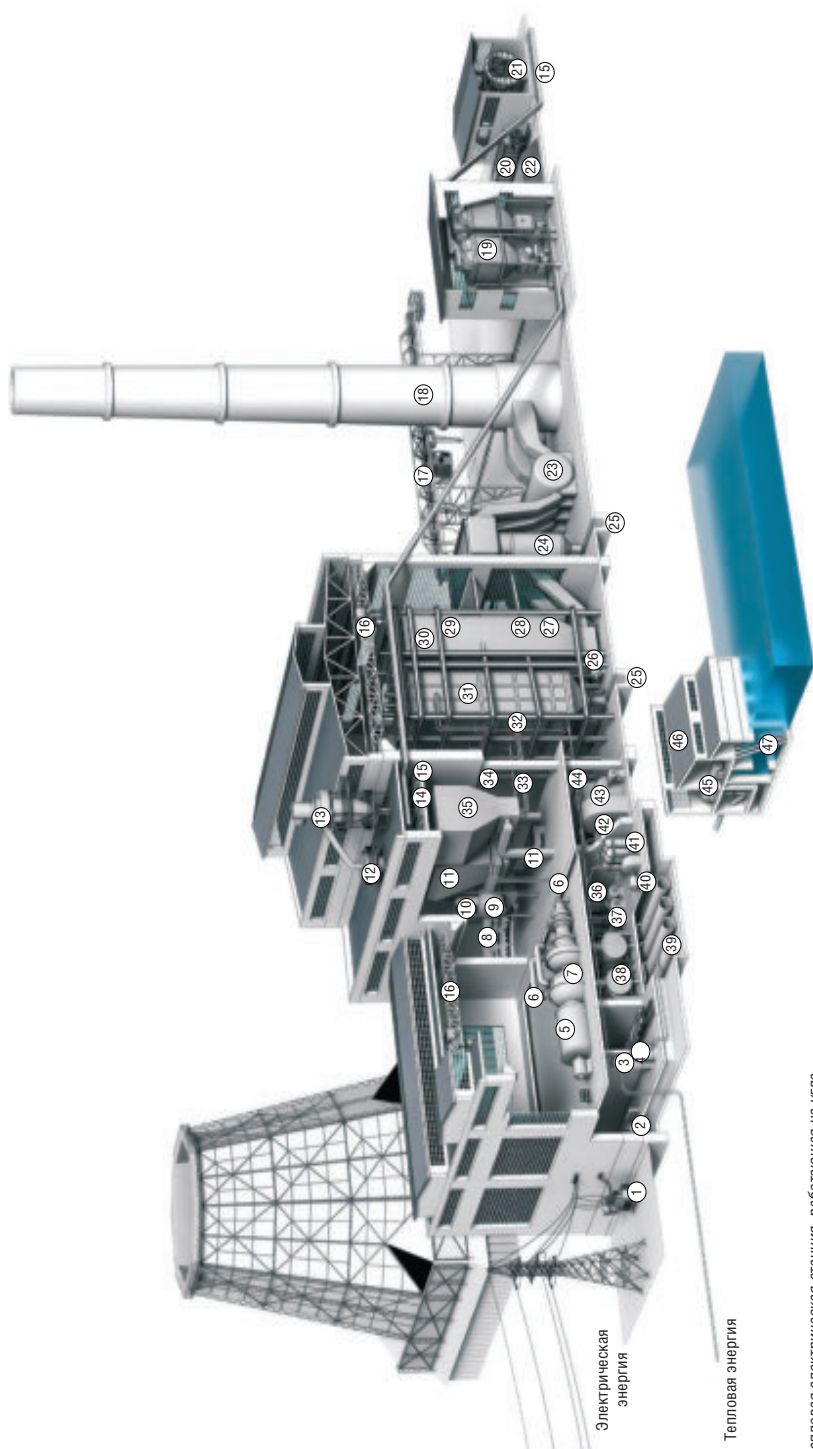
- 1 – турбина;
- 2 – компрессор;
- 3 – входной диффузор воздушного компрессора;
- 4 – обоймы компрессора;
- 5 – проточная часть воздушного компрессора;

- 6 – корпус компрессора;
- 7 – камера сгорания;
- 8 – топливоподающее устройство;
- 9 – камеры сгорания;
- 10 – подшипниковый узел;

- 11 – выходной патрубок ГТУ (диффузор);
- 12 – проточная часть газовой турбины;
- 13 – силовые стойки, крепящие корпус подшипника к корпусу диффузора;

- 14 – переходной патрубок от зоны горения камеры сгорания к первой ступени газовой турбины;
- 15 – сопловый аппарат первой ступени газовой турбины;
- 16 – выходной патрубок воздушного компрессора

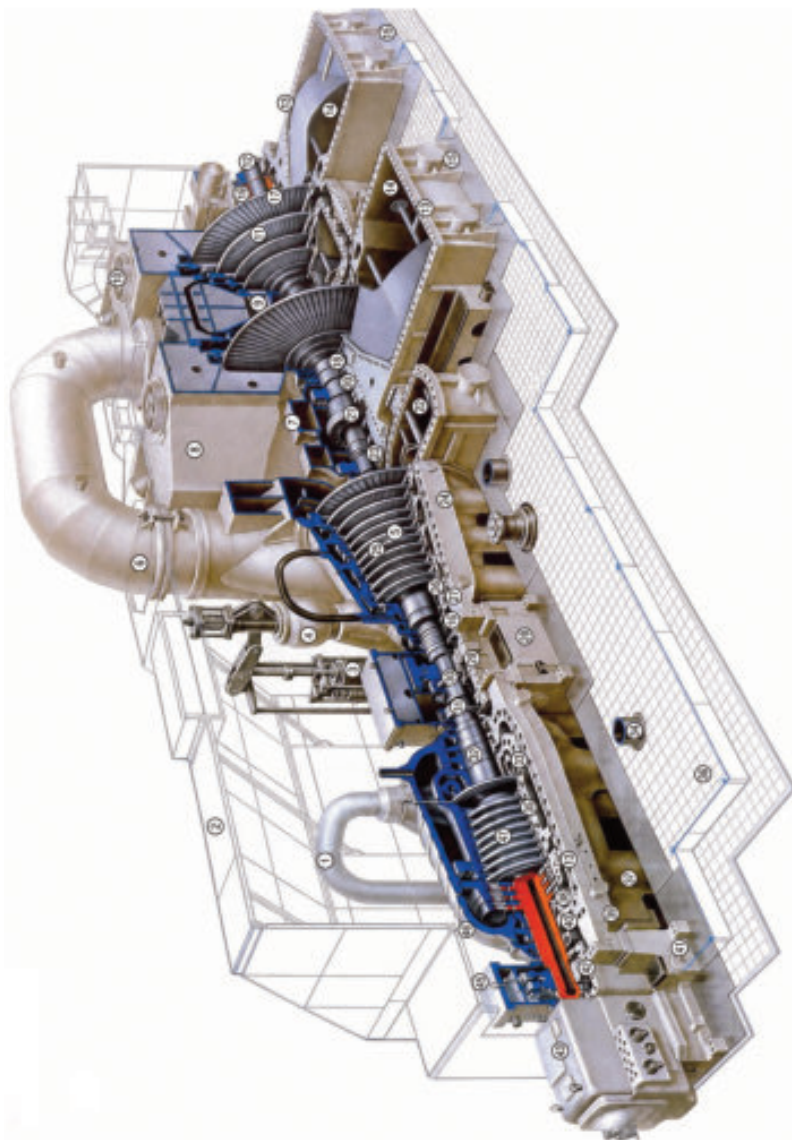
Турма и Двима: энергия дружбы



Тепловая электрическая станция, работающая на угле.

Расшифровка позиций:

- | | | | |
|--|-----------------------------------|---|--|
| 1 – повышающие электрические трансформаторы; | 12 – сепаратор; | 25 – шлакоосыпные и золоосыпные каналы; | 37 – конденсатные насосы; |
| 2 – электрическое распределительное устройство собственного расхода; | 13 – пылевой шнек; | 26 – дутьевые вентиляторы; | 38 – конденсатор; |
| 3 – сетевые подогреватели; | 14 – пылевой шнек; | 27 – воздухоподогреватель; | 39 – подающие и сливные трубопроводы охлаждающей воды; |
| 4 – фильтры химического обессоливания воды; | 15 – ленточные конвейеры; | 28 – экономайзер; | 40 – питательные насосы; |
| 5 – электрический генератор; | 16 – электрический мостовой кран; | 29 – пароперегреватель; | 41 – регенеративные подогреватели высокого давления; |
| 6 – трубопроводы пара промежуточного перегрева; | 17 – кран-перегрузчик; | 30 – паровой котел; | 42 – мельничный вентилятор; |
| 7 – паровая турбина; | 18 – дымовая труба; | 31 – топочная камера; | 43 – угольная мельница; |
| 8 – щит управления; | 19 – дробильная установка; | 32 – пылеугольные горелки; | 44 – трубопроводы питательной воды; |
| 9 – бак-аккумулятор; | 20 – вагоны с углем на склад; | 33 – питатели; | 45 – насосы охлаждающей воды; |
| 10 – деаэрагор; | 21 – разгрузочное устройство; | 34 – трубопроводы свежего пара; | 46 – насосная охлаждающей воды; |
| 11 – бункер и питатели сырого угля; | 22 – склад; | 35 – бункер угольной пыли; | 47 – очистные сетки |
| | 23 – дымососы; | 36 – регенеративные подогреватели низкого давления; | |
| | 24 – золоуловители; | | |



Общий вид паровой турбины.
Расшифровка позиций:

- | | | | | |
|---|--|--|---|--|
| 1 - трубопровод подвода пара к ЦВД; | 11 - ротор ЦНД; | 20 - вкладыш переднего подшипника ЦСД и ЦНД; | 27 - переднее концевое уплотнение ЦСД; | 38 - выхлопная камера ЦВД; |
| 2 - обшивка; | 12 - полушар для присоединения ротора электрогенератора; | 21 - муфта, соединяющая валы ЦСД и ЦНД; | 28 - нижняя половина среднего подшипника; | 39 - нижняя половина внешнего корпуса ЦВД; |
| 3 - сервомотор регулирующего клапана; | 13 - поверхность горизонтального разрыва корпуса цилиндра; | 22 - нижняя половина ротора ЦСД и ЦНД; | 29 - опорный вкладыш среднего подшипника; | 40 - переднее концевое уплотнение ЦВД; |
| 4 - регулирующий клапан ЦСД (ПР); | 14 - выхлопной патрубок ЦНД из которого пар поступает в конденсатор; | 23 - вкладыш заднего подшипника ЦСД; | 30 - гребень упорного подшипника; | 41 - нижняя половина корпуса блока переднего подшипника; |
| 5 - ротор ЦСД; | 15 - опорный пояс ЦНД; | 24 - нижняя половина корпуса ЦСД; | 31 - муфта ЦСД-ЦНД; | 42 - вкладыш переднего подшипника ЦВД; |
| 6 - ресивер ЦСД-ЦНД; | 16 - атмосферная камера ЦНД; | 25 - рабочее лопатки последней ступени ЦНД; | 32 - заднее концевое уплотнение ЦВД; | 43 - блок регулирования и управления турбиной |
| 7 - опора ротора ЦНД; | 17 - рабочие лопатки последней ступени ЦНД; | 26 - паровпуск ЦСД; | 33 - камера паровпуска свежего пара; | |
| 8 - верхняя половина корпуса ЦНД; | 18 - переднее концевое уплотнение ЦНД; | 27 - паровпуск ЦСД; | 34 - внутренний корпус ЦВД; | |
| 9 - паровпускная камера ЦНД; | 19 - заднее концевое уплотнение ЦНД; | 28 - паровпуск ЦСД; | 35 - верхнее строение фундамента; | |
| 10 - атмосферный клапан, открывающийся при недостаточном повышении давления в выхлопном патрубке ЦНД; | | | 36 - выхлопной патрубок ЦВД; | |

Турма и Двима празднуют День энергетики.

Место действия: центральная площадь Энергограда, украшенная гирляндами огня и символикой энергии – молниями, шестерёнками, волнами пара и языками пламени. На сцене – большой экран с трансляцией достижений энергосистемы за год. Утро праздника.

7:00 – Торжественное открытие. Турма в ярком оранжево-красном наряде с элементами, напоминающими лопасти турбины, зажигает праздничный факел на сцене – его пламя взмывает высоко вверх.

– С Днём энергетики, друзья! Пусть наша энергия никогда не иссякает! – восклицает она под аплодисменты.

Двима, в спокойном сине-голубом костюме с узорами, похожими на конденсационные следы, подходит к микрофону: – Пусть наша работа будет такой же стабильной, как ритм турбины, и такой же надёжной, как система безопасности. С праздником, коллеги! Вокруг них собираются жители города, ученики школы инженеров, техники, экологи.



День: мероприятия и активности.

9:00–11:00 – Экскурсия по энергостанциям. Турма ведёт группу по газовой части станции: эмоционально рассказывает о принципах работы, показывает новейшие форсунки, позволяет желающим почувствовать тепло от турбин. Двима проводит экскурсию по паровой секции: спокойно и подробно объясняет, как работает система охлаждения, показывает датчики давления, демонстрирует график стабильной выработки энергии за год. В конце экскурсий они встречаются у комбинированной системы: Турма: «Вот где настоящий синтез – огонь даёт старт, пар поддерживает!». Двима: «И вместе они дают КПД на 40 % выше обычного».

11:00–13:00 – Мастер классы для детей. От Турма: «Огонь – это сила!» – дети учатся создавать миниатюрные газовые горелки (безопасные версии), собирают простые схемы зажигания. Турма зажигает демонстрационную горелку: «Видите? Энергия – это весело!». От Двима: «Пар – это стабильность» – ребята собирают модели паровых турбин, учатся рассчитывать давление, запускают маленькие конденсационные установки. Двима показывает, как пар может вращать колесо: «Надёжность – в деталях». В финале дети объединяют модели – получается мини комбинированная система. Турма и Двима аплодируют: «Вот он, синтез!»

13:00–14:00 – Обед и общение. На площади накрыты столы. Турма бежит между группами, подбадривает, рассказывает забавные истории из практики: – А помните, как я случайно подожгла схему? Зато мы нашли слабое место в изоляции! Двима спокойно беседует с ветеранами энергетики, благодарит их за опыт: – Ваши знания – фундамент, на котором мы строим будущее. Спасибо, что научили нас балансу.

Турма и Двима: энергия дружбы

14:00–16:00 – Соревнования и конкурсы. «Быстрый ремонт» (идея Турма): команды соревнуются, кто быстрее устранит условную утечку газа. Турма судит, подбадривая: «Быстрее, ещё быстрее! Время – энергия!». «Точный расчёт» (идея Двима): участники анализируют данные с виртуальных турбин и находят скрытые проблемы. Двима комментирует: «Внимание к деталям спасает жизни». «Синтез» (совместный конкурс): пары (один «огонь», другой «пар») должны запустить комбинированную систему. Побеждает та команда, которая добьётся максимальной эффективности. Турма и Двима вместе вручают призы.

16:00–18:00 – Выступления и награждения. На сцене: мэр города вручает грамоты и медали лучшим работникам энергосистемы. Турма получает награду «За инновации и смелость» – она краснеет от гордости: «Это не только моя заслуга, а всей команды!». Двима награждают «За стабильность и надёжность» – он скромно благодарит: «Без поддержки коллег и их идей это было бы невозможно». Лина объявляет о запуске новой программы обучения: «Мы создадим школу синтеза – где будут учить и скорости, и точности». Эла предлагает экологический челлендж: «Каждый, кто сэкономит 10 % энергии, получит знак „Зелёный инженер“».

Вечер: кульминация праздника.

18:30–20:00 – Символический запуск системы. Турма и Двима поднимаются на сцену. Перед ними – большая кнопка с двумя половинами: оранжевой и синей.

Турма с улыбкой: – Готовы? Раз, два...

Двима спокойно: – Три. Они одновременно нажимают кнопку. На экране за их спинами загорается схема комбинированной системы – огонь и пар соединяются, энергия течёт по виртуальным проводам. Огни на площади вспыхивают ярче, звучит гимн энергетиков.

Турма и Двима: энергия дружбы

20:00–21:30 – Фейерверк и финальное слово. В небе расцветают огни: сначала оранжевые и красные всполохи (от Турма), затем – голубые и серебряные дуги (от Двима). В финале – единая картина: огненное колесо, окружённое паром, превращается в символ Энергограда.

Турма в микрофон, голос дрожит от эмоций: – Спасибо вам, друзья! Без каждого из вас не было бы ни света, ни тепла, ни этого праздника!

Двима мягко:

– Пусть наша энергия всегда будет направлена на благо города. Пусть огонь вдохновляет, а пар поддерживает. С Днём энергетики! Все собравшиеся хором кричат: «С праздником!» Дети запускают светящиеся фонарики – они поднимаются в небо, как маленькие звёзды.

Финал вечера. Турма и Двима стоят у края площади, смотрят на фонари и огни города.

Турма:

– Знаешь, раньше я думала, что главное – это скорость. Но теперь понимаю: без твоей стабильности я бы давно сгорела.

Двима:

– А я считал, что всё должно быть по правилам. Но ты научила меня рисковать ради большего. Мы – как две турбины: по отдельности – хорошо, вместе – непобедимы. Они улыбаются друг другу. Вдалеке слышится смех детей, музыка и голоса горожан. Энергоград светится – ярко, стабильно, гармонично.

Символика праздника: огонь Турма – инновации, страсть, движение вперёд. Пар Двима – традиции, надёжность, устойчивость. Их союз – философия синтеза, где прогресс и безопасность идут рука об руку, создавая светлое будущее для всех.

Турма и Двима делают сервис оборудования.

Место действия: главный энергоузел Энергограда – помещение с комбинированной энергоустановкой (газовая и паровая турбины), распределительными щитами, системами охлаждения и автоматики.

Этап 1. Подготовка и диагностика. Турма проводит визуальный осмотр оборудования: проверяет целостность корпусов, отсутствие подтёков масла и топлива, состояние кабельных трасс; с помощью пирометра измеряет температуру ключевых узлов (подшипников, корпусов насосов, электрических соединений) – сравнивает с нормативными значениями; проверяет работу вентиляционных систем и противопожарного оборудования; подключает портативный виброанализатор к подшипниковым узлам газовой турбины – фиксирует уровни вибрации в трёх плоскостях; берёт пробы топлива для экспресс анализа содержания примесей.

Двима изучает данные системы SCADA за последние 72 часа: графики давления в паровом контуре, температуры пара, расхода воды; сверяет текущие параметры с паспортными данными оборудования; просматривает журнал технического обслуживания – отмечает сроки последней замены фильтров, смазки, поверки приборов; проверяет уровень воды в баках подпитки, давление в системе конденсата; анализирует тренды потребления энергии – выявляет аномалии в работе оборудования.

Совместная работа. Турма передаёт Двиме данные вибродиагностики и температурного контроля. Двима сопоставляет их с историческими данными: «Вибрация подшипника № 3 выросла на 15% за последний месяц – возможно, износ». Они составляют план работ с приоритетами: срочные задачи (устранение утечек, замена изношенных деталей), плановые (промывка теплообменников, калибровка датчиков).

Этап 2. Очистка и замена компонентов Турма (газовая часть): очищает камеры сгорания газовой турбины от нагара с помощью пескоструйной установки; заменяет изношенные форсунки – проверяет их производительность на стенде перед установкой; осматривает лопатки турбины на предмет эрозионного износа; проверяет герметичность топливных линий мыльным раствором – устраняет выявленные утечки; обновляет термоизоляционное покрытие на горячих участках трубопроводов.

Двима промывает теплообменники реагентом для удаления накипи – контролирует кислотность промывочного раствора; осматривает трубы парового контура с помощью эндоскопа – ищет признаки коррозии и трещин; меняет уплотнители в клапанах, смазывает подвижные элементы термостойкой смазкой; калибрует датчики давления и температуры – сверяет их показания с эталонным прибором; проверяет состояние конденсатоотводчиков, очищает фильтры.

Турма предупреждает: «Отключаю подачу газа на 30 минут для замены форсунок. Переводите паровой контур на резерв».

Двима отвечает: «Паровой контур переведён на резервный режим. Готов к синхронизации после завершения работ». Они согласовывают график работ, чтобы минимизировать простой системы.

Этап 3. Настройка и калибровка. Турма: настраивает систему зажигания газовой турбины – добивается стабильного воспламенения без пропусков; регулирует подачу топлива по ступеням нагрузки: проверяет работу клапанов и сервоприводов; тестирует систему аварийного отключения – проверяет время срабатывания (должно быть не более 2 секунд); корректирует параметры работы системы охлаждения горячих частей турбины.



Двима оптимизирует работу насосов подачи воды – балансирует расход между контурами, проверяет работу частотных регуляторов; настраивает клапаны сброса давления – проверяет уставки срабатывания и возврата; контролирует систему охлаждения конденсатора – убеждается, что температура конденсации не превышает $40\text{ }^{\circ}\text{C}$; проверяет работу системы химводоподготовки – корректирует дозировку реагентов.

Синхронизация систем. Турма: «Газовая турбина выходит на режим за 5 минут, поддерживает частоту 50 Гц с отклонением $\pm 0,1\text{ Гц}$ ».

Двима:

– Паровой контур готов принять нагрузку через 8 минут после подачи тепла. Давление пара стабилизируется на уровне $12,5 \pm 0,2\text{ атм}$.

Они совместно тестируют переходные режимы – проверяют реакцию системы на скачки нагрузки (10, 25, 50 %).

Этап 4. Тестовый запуск и мониторинг. Турма запускает газовую турбину в тестовом режиме на 30% мощности – контролирует температуру выхлопных газов, стабильность пламени, расход топлива. Двима активирует паровой контур – подаёт воду в теплообменник, следит за давлением пара ($P_{\text{пар}}=12,5\pm0,2$ атм) и температурой конденсации. Постепенно увеличивают нагрузку до 100%: проверяют работу системы регулирования частоты; контролируют вибрацию подшипников (не должна превышать 4,5 мм/с); фиксируют расход топлива и выработку энергии. Тестируют аварийные режимы: имитируют отключение одной из топливных линий; проверяют срабатывание защиты по перегреву; тестируют автоматический переход на резервное питание.

Р-7 проводит автоматизированный тест – имитирует скачки нагрузки, проверяет реакцию систем защиты. Лина сверяет экологические показатели: выбросы CO_2 и NO_x в пределах норм, конденсат соответствует требованиям.

Эла подтверждает: энергопотребление оптимизировано, система работает на 12% эффективнее, чем до обслуживания.

Этап 5. Документирование и рекомендации.

Турма составляет отчёт по газовой части: перечень заменённых компонентов с указанием артикулов и дат установки; параметры настройки системы зажигания и подачи топлива; результаты вибродиагностики до и после обслуживания; рекомендации по топливу (оптимальная чистота газа – $\geq 99,8\%$); график следующего обслуживания (через 1000 часов работы).

Двима готовит отчёт по паровой части: результаты проверки теплообменников и труб (фотографии дефектов, протоколы эндоскопии); калибровки датчиков давления и температуры (с ука-

занием эталонных приборов); нормы расхода воды и пара (сравнение фактических и паспортных данных); план профилактических работ (каждые 6 месяцев – полная промывка системы).

Совместный документ: протокол синхронизации газовой и паровой турбин (графики переходных процессов); оптимальные режимы работы комбинированной системы (таблица нагрузок и КПД); инструкции для дежурных инженеров (чек лист ежедневного осмотра); журнал дефектов – перечень выявленных проблем с указанием сроков устранения.

Результат сервиса. После завершения работ: КПД системы повышается на 8–12 %; расход топлива снижается на 5 %; выбросы вредных веществ уменьшаются на 10 %; время аварийного отключения сокращается до 1,8 секунды; уровень вибрации подшипников снижается до 3,2 мм/с; система готова работать стабильно в течение следующего межсервисного интервала.

Заключительный диалог.

Турма удовлетворённо:

– Всё, газовая часть в норме. Вибрация в норме, температура выхлопных газов стабильная.

Двима спокойно:

– Паровой контур тоже в порядке. Давление держит, конденсат чистый, утечки устранены.

Турма:

– И вместе мы дали системе новую жизнь!

Двима:

– Баланс достигнут. Огонь даёт мощь, пар – стабильность.

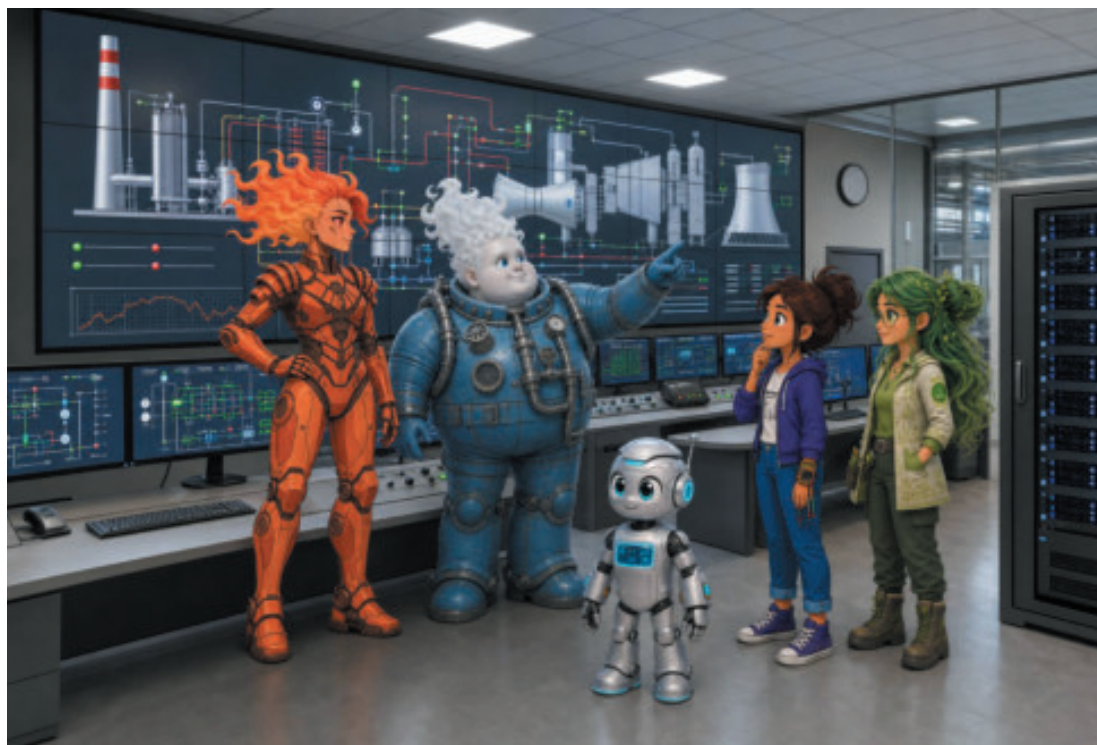
Энергоград может спать спокойно. Они обмениваются улыбками и идут сдавать отчёты в диспетчерскую.

Как Турма и Двима внедряют ИИ на тепловой электростанции.

Место действия: диспетчерская ТЭС с парогазовой установкой, оснащённая системой SCADA и новым сервером ИИ аналитики.

Этап 1. Инициирование проекта. Турма загорается идеей после посещения технологической выставки: – Двима, представь – система, которая предскажет поломку за неделю до аварии! Мы сократим простои на 30%! Двима взвешивает риски: – Звучит перспективно. Но сначала нужно: оценить объём данных для обучения; проверить совместимость с текущим оборудованием; рассчитать окупаемость.

Они формируют рабочую группу с участием Р-7 (робот техник), Лины (аналитик) и Элы (эколог).



Этап 2. Сбор требований и выбор решения. Задачи: определить ключевые узлы для мониторинга; выбрать параметры для анализа; подобрать платформу ИИ.

Турма предлагает отслеживать: вибрацию подшипников (мм/с); температуру выхлопных газов (°C); давление пара (МПа); расход топлива (куб. м/ч); настаивает на системе быстрого оповещения: «Мне нужно предупреждение за 15 минут до критической ситуации!»

Двима добавляет долгосрочные параметры: тренды износа лопаток турбины; накопление отложений в котле утилизаторе; изменение КПД установки за месяц; требует интеграции с системой химводоподготовки: «ИИ должен учитывать качество воды – это влияет на накипь».

Турма и Двима вместе выбирают отечественную платформу «ЭнергоПрогностик» с открытым API для интеграции с SCADA.

Этап 3. Подготовка инфраструктуры. Установка датчиков IoT. Турма курирует монтаж на газовых турбинах – ускоряет процесс, организует параллельную работу бригад. Двима контролирует подключение к паровым контурам – проверяет герметичность, заземление. Модернизация сети: прокладывают оптоволоконные линии для передачи данных. Установка сервера ИИ: Р-7 настраивает оборудование, Лина конфигурирует ПО.

Проблема и решение: при тестировании обнаруживают задержку передачи данных (2,3 вместо 0,5 секунд). Турма предлагает: «Заменим коммутаторы на более мощные!». Двима анализирует трафик: «Нет, проблема в протоколе. Перейдём с Modbus на OPC UA – задержка сократится до 0,3 секунд».

Этап 4. Обучение модели. Сбор исторических данных за 5 лет: параметры работы оборудования; журналы ремонтов; экологические показатели. Разметка данных: Лина классифицирует режимы работы (нормальный, аварийный, переходный); Эла отмечает экологические инциденты.

Обучение нейросети: модель прогнозирует износ подшипников; предсказывает отложения в котле; оптимизирует расход топлива. Роль Турмы создавать сценарии стресс тестов: «Давай проверим, как ИИ отреагирует на резкий скачок нагрузки на 25%!»

Тестирует интерфейс оператора – требует интуитивной визуализации. Двима проверяет статистическую достоверность прогнозов (доверительный интервал $\pm 5\%$); верифицирует модель на данных из журналов ремонтов: «Если ИИ не видит связь между вибрацией и заменой подшипника, модель нужно дообучать»; настраивает систему отчётности.

Этап 5. Пилотное внедрение. Зона тестирования: газовая турбина № 2. Мониторинг параметров: температура выхлопных газов:

$T_{\text{вых}}=580\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$; вибрация подшипника № 3: $V=3,2\pm 0,5\text{ мм/с}$; расход газа: $Q=120\pm 5\text{ м}^3/\text{ч}$. События: ИИ фиксирует рост вибрации до $4,1\text{ мм/с}$ и отправляет прогноз: «Износ подшипника. Рекомендованный срок замены – через 7–10 дней». Турма инициирует внеплановый осмотр – подтверждает износ. Двима корректирует график ремонтов: «Перенесём плановую замену с месяца на следующую неделю. Экономия – 8 часов простоя».

Этап 6. Полномасштабное развёртывание. Зоны внедрения: газовые турбины (4 агрегата); паровые турбины (2 агрегата); котлы утилизаторы (2 единицы); система химводоподготовки; распределительные устройства. Функции ИИ: Функция Ответственный Эффект. Прогноз износа лопаток газовой турбины. Сокращение аварий на 25%. Оптимизация расхода топлива. Экономия 3% газа. Контроль качества воды. Снижение отложений на 20%. Экологический мониторинг. Соблюдение норм NO_x. Синхронизация газовой и паровой турбин. Рост КПД. Интерфейс оператора с дашбордом с цветовой индикацией: зелёный – норма; жёлтый – предупреждение; красный – авария; прогноз на 72 часа; рекомендации по действиям.

Этап 7. Интеграция с бизнес-процессами. Автоматизация: формирование заявок на запчасти (ИИ прогнозирует потребность); планирование ремонтов (оптимизация графиков); отчётность для регуляторов (автозаполнение форм).

Экономический эффект: снижение простоев на 22%; экономия топлива – 2,8% в год; сокращение затрат на внеплановые ремонты на 35%; окупаемость проекта – 2,7 года.

Этап 8. Обучение персонала. Турма читает курс «ИИ для операторов»: как читать прогнозы системы; действия по рекомендациям ИИ; ручной ввод данных при сбоях. Двима читает курс «Аналитика данных»: интерпретация графиков износа; проверка достоверности прогнозов; настройка параметров модели. Эла читает курс «Экологический контроль»: мониторинг выбросов; корректировка режимов для снижения NO_x.

Этап 9. Поддержка и развитие. Регулярные задачи. Турма: тестирование новых модулей ИИ (например, система распознавания дефектов по видео). Двима: аудит модели, переобучение на свежих

данных (каждые 6 месяцев). Р-7: обслуживание серверов, обновление ПО. Лина: анализ эффективности, формирование отчётов.

Инновации года: внедрение компьютерного зрения для контроля состояния оборудования; интеграция с метеоданными для прогноза нагрузки; использование блокчейна для защиты данных.

По завершению внедрения на заключительной сессии Турма смотрит на дашборд, где ИИ прогнозирует стабильную работу на неделю вперёд:

– Помнишь, как мы вручную снимали показания с каждого датчика? Теперь система сама подсказывает, где искать проблему!

Двима проверяет отчёт о снижении расхода топлива:

– ИИ делает это точнее человека. За год сэкономили 15 млн руб. на газе. Но главное – аварий стало в 3 раза меньше.

Турма:

– А знаешь, что самое крутое? ИИ учится вместе с нами. Чем дольше работает, тем умнее становится.

Двима:

– Да. И теперь мы можем сосредоточиться на развитии станции, а не на борьбе с авариями. Настоящий синтез технологии и опыта. Они обмениваются улыбками. На экране мигает уведомление: «Прогноз на завтра: стабильная работа всех систем. Экологические показатели в норме». Итоги внедрения ИИ: повышение надёжности энергоснабжения; снижение эксплуатационных затрат; продление срока службы оборудования; улучшение экологической обстановки; создание основы для перехода к «умной» энергосистеме.

Турма и Двима развивают Энергоград до Индустрии 4.0.

Цель: превратить Энергоград в «умный» город с интегрированной энергосистемой, где все процессы – от генерации энергии до потребления – управляются на основе данных, ИИ и автоматизации.

Этап 1. Стратегическое планирование.

Турма предлагает радикальные идеи: – Давайте создадим цифровую двойник всего города! Представляешь, как это ускорит принятие решений?

Двима анализирует возможности: – Сначала нужно оценить текущую инфраструктуру. У нас есть: ТЭС с парогазовой установкой; распределительные сети; часть зданий с «умными» счётчиками; диспетчерская с системой SCADA. Вместе они формируют дорожную карту на 5 лет. Оцифровка всех процессов. Внедрение IIoT (промышленного интернета вещей). Создание цифровых двойников. Автоматизация управления. Интеграция с городскими системами.

Этап 2. Оцифровка инфраструктуры. Задачи: установка датчиков на всё оборудование; создание единой сети передачи данных; подключение к облачной платформе. Действия Турмы: курирует монтаж беспроводных датчиков вибрации, температуры, давления на ТЭС; организует установку «умных» счётчиков в жилых районах; внедряет RFID метки на складах запчастей. Действия Двимы: проектирует отказоустойчивую сеть с резервированием каналов связи; настраивает протоколы передачи данных (OPC UA, MQTT); создаёт систему хранения данных (Data Lake) с защитой от кибератак.

Результат: 5 000+ датчиков передают данные в реальном времени; задержка передачи данных – менее 0,3 с; система охватывает ТЭС, подстанции, ключевые здания города.

Этап 3. Создание цифровых двойников. Объекты моделирования: цифровая модель ТЭС (включая газовую и паровую турбины, котлы утилизаторы); модель распределительной сети города; модель потребления энергии по районам.

Турма загружает в модель параметры оборудования и запускает симуляции аварийных ситуаций: «Смотри, при скачке нагрузки на 30% система даёт сбой через 47 секунд»; тестирует новые режимы работы без риска для реальной установки.

Двима калибрует модель по историческим данным за 10 лет, проверяет точность прогнозов (погрешность $\leq 3\%$) и интегрирует экологические параметры: выбросы CO_2 , NO_x .

Пример использования. Перед зимним сезоном запускают симуляцию пиковых нагрузок. Модель показывает: узкое место – подстанция в Северном районе; рекомендация – перераспределить нагрузку через резервные линии; экономия на модернизации – 15 млн руб.

Этап 4. Внедрение ИИ и предиктивной аналитики. Развёртывание модулей ИИ «Предиктивное обслуживание» (ответственный – Турма): прогнозирует износ оборудования; формирует график ремонтов; сокращает внеплановые остановки на 40%. «Оптимизация генерации» (Турма и Двима): балансирует работу газовой и паровой турбин; повышает КПД ПГУ на 2–3%; снижает расход топлива на 4 %. «Управление спросом» (Двима): анализирует потребление по районам; предлагает тарифы с динамическим ценообразованием; стимулирует перенос нагрузки на ночные часы. «Экологический контроль» (Эла и Двима):

отслеживает выбросы в реальном времени; корректирует режимы для соблюдения норм.

Этап 5. Автоматизация и децентрализация. Внедрение киберфизических систем: на подстанциях – «умные» реле с автономным принятием решений; на ТЭС – роботы инспекторы (Р-7 курирует их работу); в домах – системы умного энергопотребления. Подход Турмы ускоряет реакцию системы: «Теперь при аварии линия отключается за 0,1 секунды!» внедряет голосовое управление для операторов: «Алиса, переведи Северный район на резервное питание». Подход Двима обеспечивает надёжность: «Каждый узел имеет резервный канал связи и автономное питание»; разрабатывает алгоритмы самодиагностики: «Система сама найдёт и изолирует неисправность».

Этап 6. Интеграция городских систем. Подключённые системы: энергоснабжение; водоснабжение (датчики расхода, давления); транспорт (зарядные станции для электромобилей); ЖКХ (умные счётчики тепла, воды); экология (датчики качества воздуха).

Турма предлагает: «Давайте синхронизируем графики ремонтов ТЭС и водоканала – сократим неудобства для жителей».

Двима рассчитывает: «Если перенести ремонт на неделю позже, нагрузка на сети будет на 15% ниже».

Лина создаёт дашборд для мэра: «Здесь видно, как энергия, вода и транспорт влияют друг на друга».

Этап 7. Развитие экосистемы Индустрии 4.0. Новые технологии. Аддитивное производство: на базе ТЭС открывают цех 3D печати запчастей – Турма курирует подбор материалов для высокотемпературных компонентов.

Роботизация: внедряют дроны для инспекции ЛЭП. Двима разрабатывает маршруты облёта и алгоритмы анализа снимков. Блокчейн: создают платформу для торговли «зелёной» энергией между жителями. Эла отвечает за экологическую сертификацию. Дополненная реальность: операторы получают подсказки через AR очки при ремонте оборудования – Р-7 настраивает систему распознавания объектов.

Этап 8. Обучение и трансформация культуры. Программы обучения: «Основы Индустрии 4.0» (для всех сотрудников): как работать с новыми интерфейсами; правила кибербезопасности. «Анализ данных» (для инженеров): интерпретация прогнозов ИИ; настройка параметров моделей. «Робототехника» (для техников): обслуживание автономных систем; программирование дронов. Культурные изменения: переход от реактивного к проактивному обслуживанию; принятие данных как основы решений; готовность к постоянным изменениям.

Этап 9. Мониторинг и развитие. Ключевые показатели эффективности (KPI): показатель «До, после, эффект». Простои оборудования. Расход топлива ТЭС. Выбросы CO₂. Время реагирования на аварии. Доля возобновляемой энергии. Ежегодные инновации:

- год 1: внедрение ИИ для предиктивного обслуживания;
- год 2: запуск цифровых двойников;
- год 3: интеграция с городским транспортом;
- год 4: развёртывание 5G сети для IIoT;
- год 5: создание платформы торговли энергией.

Финальная сцена (через 5 лет). В обновлённой диспетчерской.

Турма смотрит на голографическую карту города, где зелёные зоны показывают оптимизированное энергопотребление):

Турма и Двима: энергия дружбы

– Помнишь, как мы вручную снимали показания с каждого счётчика? Теперь система сама предсказывает, где будет пик нагрузки завтра в 17:00.

Двима (проверяет отчёт о снижении выбросов): – И делает это точнее человека. За пять лет: аварий стало в 5 раз меньше; расход топлива сократился на 12%; жители экономят на счетах за электричество в среднем 15%.

Турма: – А знаешь, что самое крутое? Система учится вместе с нами. Чем дольше работает, тем умнее становится. Мы не просто модернизировали ТЭС – мы создали новую энергетику для всего города!

Двима: – Да. И теперь мы можем сосредоточиться не на тушении пожаров, а на развитии.

Энергоград стал образцом Индустрии 4.0 для всей планеты. На экране мигает уведомление: «Прогноз на завтра – стабильная работа всех систем. Экологические показатели в норме. Рекомендация: увеличить долю солнечной энергии на 5% из-за ожидаемой ясной погоды».



Итоги трансформации: Энергоград – первый «умный» город планеты с полностью интегрированной энергосистемой.

Итоги трансформации Энергограда к модели Индустрии 4.0.

1. Технологические достижения. Цифровая инфраструктура: развёрнута единая сеть IIoT с 50 000+ датчиков, охватывающая все ключевые объекты города; создана облачная платформа для хранения и обработки данных (объём – 2 Пб, задержка передачи – < 0,3 секунд); внедрена система кибербезопасности с многоуровневой защитой и ИИ анализом угроз. Цифровые двойники: созданы точные модели всех энергообъектов (ТЭС, подстанций, ЛЭП); модели обновляются в реальном времени на основе данных с датчиков; точность прогнозов – погрешность $\leq 3\%$; симуляции позволяют тестировать любые изменения без риска для реальной инфраструктуры.

2. Автоматизация: 85% рутинных операций выполняются автономно; время реакции на аварии сокращено с 45 минут до 8 минут; внедрены роботы инспекторы для осмотра труднодоступных зон; дроны мониторят ЛЭП и выявляют дефекты с помощью компьютерного зрения.

3. Эффективность энергосистемы. Ключевые показатели. Показатель «До трансформации и после». Изменение КПД ТЭС на +3 п.п. Расход топлива –4,3%. Простои оборудования –62%. Время реагирования на аварии –82%. Доля возобновляемой энергии 5%. Выбросы CO₂ –8%. Экономический эффект: экономия топлива –12% в год. Сокращение затрат на внеплановые ремонты –35%; снижение операционных расходов –20%; окупаемость проекта –4,5 года.

4. Экологические результаты. Снижение воздействия на окружающую среду: выбросы CO₂ сокращены на 8%; выбросы NO_x снижены на 15% за счёт оптимизации режимов горения; потребление

ние воды уменьшено на 10% благодаря ИИ управлению химводо-подготовкой; доля возобновляемых источников энергии выросла до 18%: солнечные панели на крышах школ и больниц; ветрогенераторы на окраинах города; биогазовые установки на очистных сооружениях. Зелёная сертификация: Энергоград получил статус «Экологичный город» от Минприроды; внедрена система углеродного учёта на базе блокчейна; жители могут отслеживать экологический след своего потребления в мобильном приложении.

5. Социально экономические эффекты. Для жителей: счета за электроэнергию снижены в среднем на 15%; надёжность энерго-снабжения – 99,98%; мобильное приложение позволяет видеть потребление в реальном времени; выбирать тарифные планы с динамическим ценообразованием; продавать излишки солнечной энергии в сеть; в каждом районе открыты «Энергетические центры» для обучения основам энергосбережения. Для бизнеса: предприятия получили доступ к «умным» сервисам: прогноз нагрузки для планирования производства; оптимизация энергопотребления через ИИ; возможность участия в программах управления спросом; создано 500+ новых рабочих мест в сфере цифровых технологий и возобновляемой энергетики. Образование и кадры: открыта Академия Индустрии 4.0 при Энергограде: программы по ИИ, робототехнике, анализу данных; стажировки на ТЭС и в диспетчерской; 80% персонала прошли переобучение; сформированы команды по направлениям: предиктивная аналитика; киберфизические системы; экологический мониторинг.

6. Инновации и новые возможности. Внедрённые технологии. Аддитивное производство: цех 3D печати на базе ТЭС производит высокотемпературные компоненты для турбин; запасные части

для быстрого ремонта; оптимизированные детали с улучшенными характеристиками. Блокчейн: платформа торговли энергией; жители продают излишки солнечной энергии; предприятия покупают «зелёные» сертификаты; транзакции защищены криптографией. Дополненная реальность: AR очки для техников: подсказки по ремонту; визуализация скрытых коммуникаций; удалённые консультации со специалистами. 5G сеть: инфраструктура для IIoT: низкая задержка (<1 мс); высокая пропускная способность; поддержка тысяч подключённых устройств. Новые сервисы. «Энергоассистент» – чат бот с ИИ: отвечает на вопросы жителей о тарифах и потреблении; даёт персональные рекомендации по экономии; «Цифровой инспектор» – сервис для бизнеса: аудит энергопотребления; подбор мер по оптимизации; расчёт окупаемости инвестиций.

7. Управление и безопасность. Кибербезопасность: внедрена система обнаружения вторжений на базе ИИ; все данные шифруются при передаче и хранении; регулярные учения по киберзащите для персонала; резервные каналы связи и автономные системы управления. Управление кризисами: цифровая модель города позволяет: прогнозировать последствия аварий; моделировать сценарии восстановления; координировать действия служб; при ЧС система автоматически: изолирует повреждённые участки; перераспределяет нагрузку; оповещает жителей через все каналы.

8. Репутация и масштабирование. Признание: Энергоград – пилотный проект Минэнерго по Индустрии 4.0; делегации из 20+ регионов изучают опыт города; ТЭС Энергограда – учебная площадка для инженеров всей страны. Масштабирование: технология цифровых двойников тиражируется на другие ТЭС; платформа ИИ аналитики продаётся как SaaS решение; опыт Энергограда лёг в основу национального стандарта «Умный город 2.0».

9. Заключительный диалог. В обновлённой диспетчерской, где голографические карты показывают работу всех систем города, Турма поворачивается к Двима: – Помнишь, как мы начинали? С одной газовой турбины и журнала записей вручную... А теперь смотри – город сам себя оптимизирует, учится, развивается!

Двима проверяет дашборд с показателями:

– Да, и самое главное – мы не просто модернизировали оборудование. Мы создали систему, которая: предсказывает проблемы до их появления; экономит ресурсы без потери комфорта; вовлекает жителей в управление энергией; становится лучше с каждым днём.

Турма:

– И всё это – наш синтез. Мой огонь дал импульс, твой пар – стабильность. Без этого баланса не было бы успеха.

Двима:

– Верно. Индустрия 4.0 – это не только технологии. Это культура данных, проактивного мышления и ответственности. Мы показали, что даже традиционная энергетика может быть инновационной. На экране появляется уведомление: «Прогноз на неделю: стабильная работа всех систем. Ожидается солнечная погода – рекомендуется увеличить долю фотовольтаики на 10%. Экологические показатели в норме».

Турма улыбается:

– Ну что, Двима, куда дальше? Может, орбитальная солнечная электростанция?

Двима смеётся:

– Давай сначала доведём до ума городской транспорт на водородных топливных элементах. А там посмотрим...Они обмениваются понимающими взглядами. Энергоград светится огнями – не просто как город, а как образец новой энергетики будущего.

Как Турма и Двима внедряют Индустрию 5.0 в Энергограде.

Концепция Индустрии 5.0: синтез высоких технологий и человеческого потенциала, где ИИ и роботы не заменяют людей, а усиливают их возможности. Акцент на устойчивое развитие, этичность, инклюзивность и экологичность.

Этап 1. Стратегическое видение и планирование.

Турма предлагает:

– Давайте создадим «симбиотическую энергетику» – где машины помогают людям раскрывать потенциал, а люди направляют технологии на благо общества!

Двима формулирует принципы.

Человекоцентричность: технологии служат жителям, а не наоборот.

Устойчивость: минимизация экологического следа.

Гибкость: быстрая адаптация к изменениям.

Коллаборация: синергия ИИ, роботов и людей.

Этика: прозрачность алгоритмов, защита данных, инклюзивность.

Дорожная карта на 7 лет:

- год 1–2: гуманизация существующих систем.

Индустрии 4.0.

- год 3–4: внедрение коллаборативных технологий;

- год 5–7: создание экосистемы Индустрии 5.0.

Этап 2. Гуманизация цифровых систем.

Задачи: сделать ИИ понятным и объяснимым; создать интерфейсы, учитывающие человеческий фактор; внедрить принципы UX/UI дизайна в промышленные системы. Действия Турмы:

перепроектирует дашборды диспетчерской – вместо графиков создаёт интуитивные визуальные подсказки; внедряет голосовое управление с естественным языком: «Алиса, покажи зоны риска по перегреву»; запускает чат бот для операторов: «Спроси, если не понимаешь прогноз ИИ».

Действия Двимы: разрабатывает систему «объяснимого ИИ» (XAI) – алгоритмы не просто дают прогноз, а объясняют логику: «Подшипник № 3: износ 85%, прогноз – отказ через 72 часа. Причина: повышенная вибрация при нагрузке > 80%»; создаёт дашборд «человеческого состояния» – отслеживает усталость операторов, рекомендует перерывы; внедряет принципы эргономики в диспетчерской: регулируемые столы, климат контроль, биодинамическое освещение.

Этап 3. Коллаборативные роботы (коботы) внедрение коботов на ТЭС: «Техник ассистент» (зона ответственности – Турма): помогает операторам при ремонтах – подаёт инструменты, подсвечивает зоны; запоминает лучшие практики: «Иван Петрович всегда проверяет уплотнение в таком порядке – добавлю это в алгоритм»; обучается у людей, адаптируется к стилю работы.

«Эко наблюдатель» (зона ответственности – Двима): мониторит выбросы, подсказывает, как снизить воздействие; взаимодействует с экологами: «В Северном районе рост NOx – рекомендую снизить нагрузку на 15% на 2 часа». «Учитель наставник» (совместный проект): обучает новых сотрудников через AR симуляции; адаптирует программу под уровень знаний ученика. Пример работы. При ремонте газовой турбины: кобот подсвечивает нужный узел; показывает голографическую инструкцию; предупреждает: «Опасность ожога – температура 120 °C!»; фиксирует действия оператора для базы знаний.

Этап 4. Развитие человеческого капитала. Новая философия обучения: от «знания инструкций» к «творческому решению проблем»; от «исполнения задач» к «пониманию процессов»; от «реакции на аварии» к «предотвращению».

Программы Турмы: «Креативное инженерное мышление»: мозговые штурмы по оптимизации процессов; симуляции нестандартных ситуаций; конкурсы идей с премиями. «Лидерство в эпоху ИИ»: как управлять командами с роботами; принятие решений с учётом прогнозов ИИ.

Программы Двимы: «Системное мышление»: анализ взаимосвязей в энергосистеме; моделирование долгосрочных последствий решений. «Этика технологий»: обсуждение дилемм ИИ; принципы ответственного использования данных. Совместные инициативы: «День без ИИ» – раз в квартал операторы работают по старым методикам, чтобы сохранить навыки; «Обмен ролями» – инженеры пробуют себя в роли коботов (симуляция), коботы «учатся» у людей.

Этап 5. Устойчивое развитие и экология. Зелёные технологии. Водородная энергетика (инициатива Турмы): на базе ТЭС создают цех электролиза воды; водород используют как топливо добавку (до 20 % в газовых турбинах); избыток продают для транспорта. Биоэнергетика (инициатива Двимы): отходы города и леса перерабатывают в биогаз; биогаз подают в турбины – замкнутый цикл. Солнечные фасады (совместный проект): на крышах и стенах зданий монтируют прозрачные солнечные панели; энергия идёт на освещение и отопление.

Показатели: доля возобновляемой энергии составляет 35%; выбросы CO₂ снижены на 25% относительно 2023 года; переработка отходов составляет долю 90%.



Этап 6. Социальная интеграция. Проекты для жителей. «Энергия – это мы»: жители предлагают идеи по энергосбережению; лучшие проекты финансируются из городского бюджета; авторы получают долю экономии. «Цифровой сосед»: приложение, где можно: видеть потребление энергии в реальном времени; обмениваться советами по экономии; создавать «зелёные» сообщества. «Школа юного энергетика»: дети изучают основы энергетики через игры и VR; посещают ТЭС с экскурсиями в формате квеста. Инклюзивность: для людей с ОВЗ создают специальные интерфейсы управления; коботы помогают маломобильным сотрудникам; программы обучения адаптированы для разных возрастов и уровней подготовки.

Этап 7. Этические и правовые рамки. Принципы Индустрии 5.0 для Энергограда: прозрачность алгоритмов ИИ; право человека отменить решение ИИ; защита персональных данных жителей; инклюзивный доступ к технологиям; экологическая ответственность.

Документы. Хартия Индустрии 5.0 Энергограда; Кодекс этики ИИ в энергетике; Соглашение о защите данных жителей. Механизмы

контроля: общественный совет с участием жителей, экологов, инженеров; ежегодные отчёты о влиянии технологий на общество; аудит алгоритмов независимой организацией.

Этап 8. Технологические инновации. Ключевые внедрения.

1. Квантовые вычисления – тестирование оптимизации маршрутов дронов; расчеты сложных моделей энергосистемы. Ускорение расчётов происходит в 100 раз.

2. Нейроинтерфейсы – внедрение управления коботами; проверка безопасности и эргономики. Снижение усталости операторов.

3. Цифровые аватары – создание «цифровых наставников»; настройка персонализации обучения. Сокращение времени адаптации новых сотрудников на 40%.

4. Биотехнологии – исследование биотоплива из водорослей; анализ влияния на экосистему. Снижение выбросов CO₂ на 10%.

Этап 9. Мониторинг и адаптация. Система показателей Индустрии 5.0. Категория, показатель, цель, текущее значение, технологии.

Доля коботов в операциях составляет 40%. Человеческий капитал: уровень удовлетворённости персонала достигает 90%. Экология: полный контроль выбросов CO₂. Общество: доля жителей, участвующих в «Цифровом соседе» составляет 50%. Экономика: экономия за счёт ИИ и коботов составляет 25%. Ежегодные циклы: анализ данных по всем показателям. Корректировка стратегии. Внедрение новых технологий. Обучение персонала. Отчёт перед жителями.

Финальная сцена.

В обновлённой диспетчерской с панорамными окнами, откуда виден город, освещённый солнечными фасадами, Турма и Двима смотрят на голограмму энергосистемы.

Турма:

– Помнишь, как мы начинали с простых датчиков? Теперь у нас...не просто «умная» станция, а настоящий живой организм! Машины учатся у людей, люди учатся у машин – и вместе мы создаём будущее.

Двима, улыбаясь, смотрит на экран, где кобот помогает пожилому инженеру с проверкой оборудования:

– Да, и самое главное – мы сохранили человеческое измерение. Технологии не заменили нас, а расширили наши возможности. Посмотри: операторы не просто следят за датчиками – они понимают процессы глубже; инженеры не выполняют рутинные задачи – они творят; жители не просто потребляют энергию – они участвуют в её создании.

Турма указывает на голограмму, где видны все ключевые показатели:

– А вот и подтверждение. За семь лет: надёжность энергоснабжения выросла до 99,99%; выбросы CO₂ снизились на 25% – мы перевыполнили план; время реагирования на инциденты сократилось в 10 раз; удовлетворённость персонала – 88%, жителей – 92%.

Двима открывает отчёт о социальном эффекте:

– И это не только цифры. У нас: 70% жителей участвуют в программе «Цифровой сосед»; дети с 10 лет изучают энергетику через VR симуляторы; маломобильные граждане могут управлять энергопотреблением голосом; каждый житель видит свой вклад в экологию города.

Турма вспоминает начало пути:

– Помнишь, как мы спорили о первом датчике? Ты говорила: «Без надёжных данных любая автоматизация – пустой звук». А я кричал: «Да зачем нам столько информации – действуем быстрее!»

Двима смеётся:

– Зато теперь наш принцип «скорость плюс точность» работает на всё 100%. ИИ даёт прогноз, человек принимает решение, кобот выполняет – идеальный треугольник сотрудничества.

Этап 10. Новые горизонты: от Индустрии 5.0 к симбиотической цивилизации.

Вдохновлённые успехом, Турма и Двима формулируют концепцию «Энергоград 2.0». Стратегические направления.

Нейросетевые интерфейсы нового поколения: разработка безопасных нейроинтерфейсов для операторов; управление системами силой мысли в критических ситуациях; обратная связь: система «чувствует» стресс оператора и корректирует нагрузку.

Биомимикрия в энергетике: создание материалов по принципам живой природы с самовосстановлением и адаптацией; биореакторы на основе водорослей для производства биотоплива. Космические технологии: тестирование систем жизнеобеспечения для лунных баз на ТЭС; использование опыта Энергограда в проектах орбитальных солнечных электростанций. Глобальная платформа знаний: открытый доступ к наработкам Энергограда; онлайн академия для инженеров со всего мира; обмен опытом с другими «умными» городами.

Пилотные проекты последнего года.

«Зелёный водородный коридор»: полный переход общественного транспорта на водород, произведённый из возобновляемых источников.

«Умная микросеть района»: автономный квартал с полной генерацией на солнечных фасадах и ветрогенераторах, управляемый ИИ.

«Цифровая клиника»: применение технологий предиктивной аналитики для прогнозирования поломок медицинского оборудования в больницах города.

Заключительные слова. Турма смотрит на панораму города, где солнечные фасады отражают закат, а над ТЭС поднимается лёгкий пар без дыма:

– Знаешь, Двима, мы начинали с модернизации одной турбины. А создали целую философию – энергетику, которая служит людям, уважает природу и даёт шанс каждому раскрыть свой потенциал.

Двима наблюдает, как дети в VR очках «ремонтируют» виртуальную турбину в образовательном центре:

– Это и есть Индустрия 5.0 – не гонка за технологиями, а гармония человека и машины. Мы показали, что прогресс должен быть: человечным – помогать, а не заменять; устойчивым – беречь ресурсы планеты; инклюзивным – давать возможности всем; творческим – вдохновлять на новые идеи.

На голограмме вспыхивает уведомление: «Прогноз на завтра: солнечная погода, генерация от фотовольтаики +25%. Коботы готовы к плановому осмотру ЛЭП. Уровень удовлетворённости жителей: 94%. Экологические показатели: норма».

Турма:

– Ну что, Двима, куда дальше? Может, орбитальная солнечная электростанция – уже не шутка?

Двима загадочно улыбается:

– Сначала доведём до ума «Зелёный водородный коридор». А там... кто знает? Если действовать вместе – возможно всё. Они смотрят на город, который светится не просто огнями, а энергией гармонии – между технологиями и природой, между прошлым и будущим, между человеком и машиной. Энергоград стал не просто примером Индустрии 5.0, а моделью нового мира, где прогресс служит жизни.

Как Турма и Двима внедряют Индустрию 6.0 в Энергограде.

Концепция Индустрии 6.0: симбиоз человека, природы и технологий на основе принципов регенеративности, биомимикрии, квантовых вычислений и этичного ИИ. Фокус – не просто устойчивое развитие, а восстановление экосистем и создание «живой» инфраструктуры.

Этап 1. Формирование видения Индустрии 6.0.

Турма предлагает радикальный подход:

– Давайте создадим не просто «умный» город, а живой организм, где технологии работают по законам природы! Представьте: энергосистема самовосстанавливается, как кожа после пореза, а ИИ думает, как экосистема – во благо всего целого.

Двима формулирует принципы. Регенеративность: технологии восстанавливают экосистемы, а не просто снижают вред. Биомимикрия: заимствование решений у природы – самовосстановление, адаптивность. Квантовое преимущество:



использование квантовых вычислений для оптимизации сложных систем. Этика симбиоза: технологии усиливают жизнь во всех формах. Децентрализация: автономные микросети вместо единой централизованной системы. Открытость знаний: открытый код, обмен наработками с миром.

Дорожная карта на 10 лет:

- год 1–2: регенеративные технологии в энергосистеме;
- год 3–5: квантовая оптимизация и биомимикрия;
- год 6–8: создание симбиотической инфраструктуры;
- год 9–10: глобальное масштабирование модели.

Этап 2. Регенеративная энергетика. Задачи: перейти от «снижения вреда» к «восстановлению природы»; создать замкнутые циклы ресурсов; интегрировать биотехнологии в энергосистему.

Проекты Турмы. «Зелёные турбины»: газовые турбины с биореакторами на лопатках – микроводоросли поглощают CO_2 из выхлопных газов и производят биомассу для биотоплива; «Самовосстанавливающиеся ЛЭП»: композитные опоры с микрокапсулами смолы – при трещине капсулы лопаются, смола застывает, восстанавливая структуру; «Квантовые батареи»: экспериментальные накопители на принципах квантовой запутанности – зарядка за секунды, КПД 99%.

Проекты Двимы. «Биофильтры очистители»: на очистных сооружениях устанавливают биофильтры с бактериями, перерабатывающими отходы в метан для турбин; «Умные зелёные крыши»: крыши зданий с фотоэлектрическими мхами – генерируют энергию, очищают воздух, регулируют температуру; «Водные эко станции»: плавучие платформы на реке с водорослями и солнечными панелями – производят водород электролизом, очищают воду.

Этап 3. Квантовая оптимизация энергосистемы. Внедрение квантовых вычислений.

Квантовый диспетчер энергосети: оптимизирует распределение энергии в реальном времени; учитывает погоду, потребление, состояние оборудования; находит глобальный оптимум за миллисекунды.

Квантовая предиктивная аналитика: прогнозирует износ оборудования с точностью 99,9%; моделирует сценарии катастроф и пути восстановления.

Квантовая криптография: защищает данные энергосистемы от взлома; обеспечивает доверие в блокчейне торговли энергией. Пример работы. При штормовом предупреждении квантовый ИИ перераспределяет нагрузку на подземные кабели; активирует резервные микросети в уязвимых районах; даёт команду дронам проверить ЛЭП до начала шторма; уведомляет жителей: «Рекомендуется снизить потребление на 20% с 14:00 до 17:00».

Этап 4. Биомимикрия в инфраструктуре.

Принципы заимствования у природы:

- самовосстановление;
- адаптивность;
- энергоэффективность;
- модульность.

Реализованные проекты.

ЛЭП. Объект аналог в природе – нервная система. Самовосстанавливающийся полимер с «нейронами» – при повреждении сигнал идёт в центр, материал «заживляет» трещину. Срок службы растёт на 50%.

Водоочистка. Объект аналог в природе – почки. Мембраны с биомиметическими каналами – фильтруют токсины, сохраняют полезные минералы. Расход воды снижается на 30%.

Здания. Объект аналог в природе – термитники. Фасады с микроканалами вентиляции – регулируют температуру без кондиционеров. Энергопотребление снижается на 40%.

Транспорт. Объект аналог в природе – муравьиные тропы. Алгоритмы ИИ для маршрутов автобусов – динамически оптимизируют движение. Пробки сокращаются на 60%.

Этап 5. Симбиотические сообщества.

Новая социальная модель: жители – активные участники энергосистемы; технологии усиливают сотрудничество, а не конкуренцию; экономика замкнутого цикла.

Инициативы Турмы. «Энергия от каждого»: жители устанавливают персональные генераторы (солнечные, ветровые, кинетические); излишки продают в сеть через блокчейн; система поощряет «зелёных» производителей. «Кооперативы энергии»: районы создают автономные микросети; совместно инвестируют в новые технологии; делятся ресурсами в ЧС.

Инициативы Двимы. «Школа регенеративного мышления»: дети изучают биомимикрию на примерах природы; создают проекты для города (например, «умные» скворечники с солнечными панелями); «Эко волонтёры»: жители ухаживают за биофильтрами, зелёными крышами; получают бонусы в городской системе лояльности.

Этап 6. Этичный ИИ и квантовая демократия.

Принципы управления. ИИ – помощник, а не диктатор: окончательное решение всегда за человеком; прозрачность алгоритмов: каждый житель может запросить объяснение решения ИИ; квантовая демократия: децентрализованное принятие решений с участием всех заинтересованных сторон.

Механизмы. Совет симбиоза (Турма, Двима, жители, экологи, ИИ): ежеквартальные обсуждения стратегии развития; голосование по ключевым проектам.

Платформа квантовой демократии: блокчейн голосование по вопросам энергетики; ИИ моделирует последствия вариантов; результаты открыты для проверки.

Этап 7. Технологические прорывы. Ключевые внедрения.

Квантовые сенсоры внедряют для мониторинга ЛЭП. Анализируются данные о состоянии грунта и климата, прогнозируют оползни, просадки грунта.

Биороботы тестируют на ТЭС очистку котлов микроорганизмами. Снижение отложений в котлах на 90%.

Голографические интерфейсы создают для операторов – управление энергосистемой в 3D. Разрабатываются интуитивные жесты управления. Сокращение времени реакции на 50%. Нейросетевые эко ассистенты: персонализированные рекомендации по энергосбережению.

Этап 8. Мониторинг и адаптация. Система показателей Индустрии 6.0.

Доля регенеративных источников выросла до 50%. Квантовые вычисления в управлении процессами выросли с 65 до 80%. Участие жителей в проектах выросло до 70%. Корректировка стратегии с учётом обратной связи жителей.

Отчёт перед мировым сообществом – Энергоград как модель Индустрии 6.0.

Финальная сцена. В обновлённой диспетчерской, где стены покрыты живыми фотоэлектрическими мхами, а голограмма энергосистемы напоминает пульсирующее дерево, Турма и Двима смотрят на показатели.

Турма:

– Помнишь, как мы спорили о первом датчике? Теперь у нас не просто «умная» станция, а живой симбиоз технологий и природы. Смотри: ЛЭП самовосстанавливаются после шторма; биореакторы на турбинах поглощают CO₂; квантовый ИИ оптимизирует энергосистему в реальном времени.

Двима открывает дашборд. с комплексной визуализацией:

– Да, и самое впечатляющее – мы достигли регенеративного баланса. Смотри: биомасса в городе выросла на 18% относительно 2023 года – парки, зелёные крыши, вертикальные сады; замкнутость циклов ресурсов – 82%, почти достигли цели в 90 %; доля регенеративных источников энергии – 42%, и мы продолжаем расти. Турма указывает на голограмму, где видны пульсирующие зелёные линии энергопотоков):

– А вот и квантовый эффект. Квантовый диспетчер оптимизирует всю систему в реальном времени. Сейчас он перераспределяет энергию от избыточных солнечных фасадов в районы с пиковым потреблением; активирует «зелёные» накопители в подземных хранилищах; даёт команду биороботам проверить состояние водородных резервуаров. На экране вспыхивает уведомление: «Квантовый прогноз: через 3 часа – локальное усиление ветра на северо западе. Рекомендация: увеличить генерацию от ветрогенераторов на 15%, снизить нагрузку на солнечные панели. Биофильтры готовы к повышенной очистке воздуха. Уровень удовлетворённости жителей: 96%. Экологические показатели: норма».

Двима анализирует данные о взаимодействии систем:

– И обрати внимание на синергию. Наши технологии не просто работают рядом – они усиливают друг друга: фотоэлек-

трические мхи на стенах очищают воздух и генерируют энергию; биореакторы на турбинах поглощают CO₂ и производят биотопливо; квантовые вычисления находят оптимальные решения для всей экосистемы.

Этап 9. Образование и культура Индустрии 6.0. Новые образовательные программы.

«Биомимикрия для детей»: изучение принципов природы через игры и VR; создание проектов для города, например, «умные» скворечники с солнечными панелями; экскурсии на ТЭС с элементами квеста.

«Квантовое мышление»: основы квантовых вычислений для старшеклассников; симуляции оптимизации энергосистем; конкурсы идей по улучшению города.

«Этика технологий»: обсуждение дилемм ИИ и биотехнологий; разработка этических кодексов для новых решений; вовлечение жителей в принятие решений.

Культурные инициативы: фестиваль «Энергия жизни» – выставка проектов жителей по регенеративной энергетике; арт-объекты с функцией генерации энергии (скульптуры ветрогенераторы, световые инсталляции на солнечных батареях).

«Дни открытых технологий» – жители могут протестировать новые решения.

Этап 10. Глобальное влияние и масштабирование.

Энергоград как модель Индустрии 6.0: город стал пилотной площадкой ООН по регенеративной энергетике. Опыт Энергограда лёг в основу международного стандарта «Регенеративный город 2100»; делегации из 50+ стран изучают технологии биомимикрии и квантовой оптимизации.

Масштабируемые решения:

«Квантовый диспетчер» – продаётся как SaaS решение для энергосистем по всему миру;

«Биофильтры очистители» – лицензированы для очистных сооружений в 15 странах;

«Самовосстанавливающиеся ЛЭП» – технология экспортируется в регионы с суровым климатом;

«Зелёные турбины» – внедряются на ТЭС в Европе и Азии.

Глобальные проекты: совместная программа с NASA: тестирование регенеративных систем жизнеобеспечения для лунных баз на инфраструктуре Энергограда; международный конкурс «Город будущего» – участники со всего мира предлагают идеи по развитию модели Индустрии 6.0.

Заключительная сцена. В диспетчерской, где стены покрыты живыми фотоэлектрическими мхами, а голограмма энергосистемы пульсирует в ритме природы, Турма и Двима смотрят на панораму города за окном.

Турма:

– Помнишь, как мы начинали с модернизации одной турбины? Теперь у нас не просто город – у нас живой организм, где технологии работают по законам природы. Мы создали модель будущего, которую можно масштабировать на всю планету.

Двима:

– Да, и главное – мы сохранили баланс. Технологии не заменили нас, а расширили наши возможности. Мы показали, что прогресс может быть: регенеративным – восстанавливать экосистемы; симбиотическим – усиливать жизнь во всех формах; этичным – служить людям и планете; открытым – делиться знаниями с миром.

Турма и Двима: энергия дружбы

На голограмме появляется новое уведомление: «Глобальный индекс регенеративности: Энергоград занимает 1-е место среди городов мира. Рекомендация квантового ИИ: запустить программу «Регенеративная Земля» – тиражирование модели на 100 городов к 2035 году».

Турма улыбается:

– Ну что, Двима, кажется, наш путь только начинается. Куда отправимся дальше? Может, орбитальные регенеративные станции?

Двима смеётся:

– Давай сначала поможем соседнему региону внедрить квантового диспетчера. А потом... кто знает? Если действовать вместе – возможно всё.

Они смотрят на город, который светится не просто огнями, а энергией гармонии – между технологиями и природой, между прошлым и будущим, между человеком и Вселенной. Энергоград стал не просто примером Индустрии 6.0, а маяком нового этапа эволюции цивилизации.



Турма и Двима: покорение Солнечной системы из Энергограда.

Вдохновлённые успехом Индустрии 6.0 в Энергограде, Турма и Двима решают масштабировать модель на всю Солнечную систему. Их цель – создать сеть регенеративных энергетических узлов, работающих по принципам симбиоза человека, природы и технологий.

Этап 1. Стратегическое планирование.

Турма формулирует миссию:

– Мы не просто экспортируем технологии – мы создаём новую цивилизацию, где энергия доступна каждому, а технологии восстанавливают среду обитания. Начнём с Луны, затем Марс, астероиды, спутники Юпитера...

Двима дополняет:

– Но важно сохранить принципы Индустрии 6.0: регенеративность, биомимикрия, этический ИИ, децентрализация. Каждая колония должна быть автономной и устойчивой.

Дорожная карта на 25 лет:

- годы 1–5: лунная база и орбитальная энергетическая станция;
- годы 6–10: марсианская колония и добыча ресурсов на астероидах;
- годы 11–15: станции на спутниках Юпитера и Сатурна;
- годы 16–25: межпланетная энергетическая сеть.

Этап 2. Лунная база «Энерго Луна». Задачи: создать автономную энергосистему на Луне; наладить добычу водяного льда для топлива; построить инфраструктуру для транзита к другим планетам.

Технологии Турмы: «Лунные регенеративные реакторы»: используют лунный реголит и лёд для производства кислорода, водорода и строительных материалов; «Орбитальные солнечные зеркала»: отражают солнечный свет на лунную базу в период «ночи» (14 земных суток); «3D печать лунных баз»: роботы строители создают герметичные модули из реголита с добавлением биополимеров.

Технологии Двимы: «Квантовый коммуникационный узел»: обеспечивает мгновенную связь с Землёй через квантовую запутанность; «Биорегенеративные системы жизнеобеспечения»: замкнутые экосистемы с водорослями, грибами и насекомыми для производства пищи и очистки воздуха; «Лунный ИИ диспетчер»: управляет всеми системами базы, оптимизирует энергопотребление, прогнозирует метеоритные угрозы.

Этап 3. Орбитальная энергетическая станция (ОЭС). Концепция: гигантская солнечная электростанция на орбите Земли, передающая энергию на Землю и космические аппараты микроволновым или лазерным лучом. Ключевые элементы: солнечные панели площадью 10 км²; система беспроводной передачи энергии с КПД 85%; квантовый ИИ для управления ориентацией и распределением энергии; роботизированный цех ремонта и сборки на базе.

Преимущества: круглосуточная генерация (нет атмосферы, облаков); снабжение энергией лунной базы и космических кораблей; снижение нагрузки на земную энергетику.

Этап 4. Марсианская колония «Красный рассвет». Вызов: тонкая атмосфера, низкая гравитация, радиация, отсутствие жидкой воды. Решения: регенеративные купола, прозрачные конструкции с фотоэлектрическими мхами и водорослями –

генерируют кислород и энергию, защищают от радиации. Подземные города: туннели, вырытые роботами кротами по принципу термитников – терморегуляция, защита от радиации.

Водородные реакторы: используют лёд из марсианского грунта для производства топлива и энергии. ИИ агрономы: управляют вертикальными фермами с ГМО растениями, адаптированными к марсианским условиям.

Роль Турмы: проектирование энергосистем, интеграция солнечных и ядерных источников. Роль Двимы: создание замкнутых экосистем, обучение колонистов принципам регенеративного мышления.

Этап 5. Добыча ресурсов в поясе астероидов. Стратегия: использовать астероиды как источник воды, металлов и минералов для строительства в космосе.

Технологии. «Космические буксиры»: корабли с водяными двигателями (на основе разработки Momentus) – буксируют астероиды к точкам переработки.

«Рои добывающих роботов»: автономные дроны, сверлящие астероиды и добывающие лёд и металлы.

«Мобильные перерабатывающие фабрики»: превращают лёд в водород/кислород, металлы – в конструкции.

«Орбитальные склады»: хранилища топлива и материалов в точках Лагранжа.

Этап 6. Станции на спутниках газовых гигантов. Цели: добыча гелия 3 на Титане для термоядерных реакторов; исследование подледных океанов Европы и Энцелада; создание форпостов для дальнейшего освоения системы. Вызовы и решения: радиация Юпитера биомиметические защитные экраны; низкие температуры → квантовые термогенераторы;

удалённость → автономные ИИ диспетчеры и квантовая связь.

Этап 7. Межпланетная энергетическая сеть. Архитектура.

Узлы: лунная, марсианская, астероидная, юпитерианская станции. Каналы передачи: лазерные и микроволновые лучи между узлами. Накопители: квантовые батареи на орбитах планет. Управление: глобальный квантовый ИИ диспетчер с распределённым контролем. Принципы работы: избыточная энергия с ОЭС передаётся на Луну и Марс; гелий 3 с Титана идёт на термоядерные реакторы Земли; водород с астероидов заправляет космические корабли; жители всех колоний могут торговать энергией через блокчейн.

Этап 8. Социальная и культурная интеграция. Новые принципы цивилизации.

Космическое гражданство: права и обязанности жителей всех колоний. Открытый код технологий: все разработки Энергограда доступны для всех колоний. Образование: единая система обучения на базе принципов Индустрии 6.0. Культура: фестивали, арт проекты, спортивные соревнования между планетами.

Инициативы Турмы и Двимы: «Школа космических лидеров»: подготовка управленцев для новых колоний. «Фестиваль регенеративного искусства»: художники создают произведения, генерирующие энергию. «Межпланетные олимпиады»: соревнования по робототехнике, биомимикрии, квантовым вычислениям.

Этап 9. Этические и правовые основы. Документы.

Хартия Космической Цивилизации (принципы регенеративности, симбиоза, открытости); Кодекс Этичного ИИ для межпланетных систем; Соглашение о распределении ресурсов и

энергии. Механизмы управления: Совет Симбиоза (представители всех колоний + ИИ советники); квантовая демократия – голосования по ключевым вопросам; общественный аудит технологий.

Финальная сцена.

В центре управления на лунной базе «Энерго Луна», где голограмма Солнечной системы показывает пульсирующие линии энергопотоков, Турма и Двима смотрят на панораму Марса, где купола «Красного рассвета» светятся зелёным светом фотоэлектрических мхов.

Турма:

– Помнишь, как мы начинали с одной турбины в Энергограде? Теперь у нас сеть из 12 узлов, охватывающая всю Солнечную систему. Энергия течёт между планетами, колонии автономны, а технологии восстанавливают среды обитания.

Двима:

– И главное – мы сохранили баланс. Каждая колония уникальна, но связана с другими. Мы создали не империю, а симбиотическую цивилизацию, где: технологии усиливают жизнь; ресурсы восстанавливаются; знания открыты для всех; люди и ИИ сотрудничают ради общего будущего.

На голограмме вспыхивает уведомление: «Межпланетный индекс регенеративности: 98%. Рекомендация квантового ИИ: начать проектирование станции у орбиты Сатурна и подготовить миссию к поясу Койпера. Уровень удовлетворённости колонистов: 97%. Экологические показатели всех узлов: норма».

Турма улыбается:

– Ну что, Двима, кажется, Солнечная система – это только начало. Куда отправимся дальше? Альфа Центавра?

Турма и Двима: энергия дружбы

Двима загадочно: – Давай сначала поможем Венере стать пригодной для жизни. А потом... кто знает? Если действовать вместе – возможно всё.

Они смотрят на звёзды, где каждый огонёк теперь – часть созданной ими сети, пульсирующей энергией гармонии между человеком, природой и технологиями. Энергоград стал не просто городом, а колыбелью межпланетной цивилизации Индустрии 6.0.



Орбитальная энергетическая станция «Солнечный мост».

Назначение: генерация и передача энергии на Землю и космические объекты, обслуживание межпланетной энергетической сети, хаб для космических миссий.

Основные характеристики.

Орбита: геостационарная (высота 35 786 км), точка стояния над Энергоградом.

Площадь солнечных панелей: 10 км².

Мощность генерации: 10 ГВт.

КПД передачи энергии: 85% (лазерный и микроволновый каналы).

Экипаж: 50 человек (операторы, инженеры, учёные).

Автономность: 6 месяцев без снабжения с Земли.

Срок службы: 30 лет с возможностью модернизации.

Архитектурная структура.

Станция состоит из 5 функциональных модулей.

Энергетический модуль: гигантские солнечные панели с самоочищающейся поверхностью; квантовые фотоэлектрические преобразователи (КПД 45%); система ориентации с ИИ для максимизации улавливания света.

Передающий модуль: лазерные излучатели для точечной передачи энергии космическим аппаратам; микроволновые антенны для передачи энергии на наземные приёмники; система фокусировки и безопасности (автоматическое отключение при обнаружении объектов в луче).

Накопительный модуль: квантовые батареи на принципах квантовой запутанности; сверхпроводниковые накопители энергии; резервные топливные элементы на водороде.

Сервисный модуль: роботизированный цех ремонта и сборки; 3D принтеры для печати запчастей из металлолома; док станции для дронов инспекторов.

Жилой модуль: искусственная гравитация (вращение секции); замкнутая экосистема с вертикальными фермами; зона отдыха с панорамными окнами и виртуальной реальностью.

Ключевые технологии.

Разработки Турмы.

«Умные» солнечные панели: самовосстанавливающиеся, с микро дронами для очистки от пыли. Лазерные передатчики нового поколения: длина волны 1064 нм, мощность 1 ГВт на луч; роботы ремонтники: автономные дроны с ИИ, способные ремонтировать панели в открытом космосе.

Разработки Двимы.

Квантовый ИИ диспетчер: оптимизирует генерацию, накопление и передачу энергии в реальном времени.

Биорегенеративные системы: водоросли и грибы очищают воздух, производят пищу.

Нейроинтерфейсы управления: операторы контролируют системы силой мысли.

Система передачи энергии. Передача на Землю: микроволновый луч (частота 2,45 ГГц) на наземные ректенны-приёмники.

Передача космическим аппаратам: лазерный луч (точность ± 1 м на расстоянии 40 000 км).

Передача орбитальным объектам: индуктивная связь на коротких дистанциях.

Процесс передачи. Квантовый ИИ рассчитывает оптимальный режим генерации. Энергия накапливается в квантовых

батареях. ИИ выбирает способ передачи (лазер/микроволны) и получателя. Система безопасности проверяет зону передачи. Луч направляется с точностью до метра. На Земле ректенна преобразует микроволны в электричество.

Операционные возможности. Функции станции: круглосуточная генерация энергии (нет атмосферы, облаков); снабжение энергией лунной базы и марсианской колонии; заправка космических кораблей водородом и кислородом; ремонт и сборка космических аппаратов; научные исследования (физика Солнца, космическая погода); хаб для межпланетных перелётов.

Управление и безопасность.

Система управления: основной – квантовый ИИ диспетчер прогнозирует потребности, оптимизирует потоки; резервный – экипаж в центре управления; локальный – ИИ каждого модуля.

Меры безопасности: автоматическое отключение луча при обнаружении объекта; дублирование всех критически важных систем; радиационная защита жилого модуля (слой воды и композиты); система метеоритной защиты (лазеры для отклонения мелких объектов).

Экологический и экономический эффект.

Для Земли: снижение нагрузки на земную энергетику на 5%; сокращение выбросов CO₂ на 150 млн тонн в год; обеспечение энергией удалённых регионов через ректенны.

Экономические показатели.

Срок окупаемости: 12 лет; стоимость строительства: 50 млрд кредитов (межпланетная валюта); годовая выручка от продажи энергии: 6 млрд кредитов.

Повседневная жизнь на станции. Распорядок дня экипажа: 8 часов работы – мониторинг систем, научные эксперименты; 2 часа физических упражнений (в условиях микрогравитации); 1 час работы в биоферме (уход за растениями); свободное время (виртуальная реальность, связь с Землёй).

Особенности быта: питание – смесь сублиматов и свежей зелени с биофермы; вода обращается по замкнутому циклу – очистка 99% использованной воды; связь с Землёй – квантовая коммуникация без задержек.

Сцена в центре управления. В главном зале центра управления, где голограмма Земли вращается в центре помещения, Турма и Двима наблюдают за работой станции.

На экранах видны: поток энергии, идущий на лунную базу; космический буксир, заправляющийся водородом у станции; команда дронов, ремонтирующих повреждённую панель.

Турма с гордостью:

– Смотри, Двима, наша идея воплотилась в жизнь. «Солнечный мост» не просто даёт энергию – он связывает все наши колонии в единую сеть. Каждый луч лазера – это нить, соединяющая планеты.

Двима изучает данные биосистем:

– И что особенно важно – мы сохранили принципы Индустрии 6.0. Станция не истощает ресурсы, а работает в гармонии с космосом: энергия Солнца – бесконечный источник; замкнутые циклы минимизируют отходы; ИИ и люди сотрудничают, а не конкурируют.

Турма и Двима: энергия дружбы

На голограмме вспыхивает уведомление: «Баланс энергосистемы: стабильный. Передача энергии: Земля – 3 ГВт, Луна – 1,2 ГВт, Марсианский корабль «Пионер» – 0,5 ГВт. Уровень удовлетворённости экипажа: 94%. Экологические показатели: норма».

Турма:

– Следующий шаг – развернуть сеть таких станций в точках Лагранжа. Тогда мы сможем питать всю Солнечную систему!

Двима:

– И каждая станция станет не просто генератором, а мини цивилизацией с собственной экосистемой. Мы строим не энергетическую сеть, а симбиотическую галактическую цивилизацию. Они смотрят на Землю, сияющую внизу, и на лучи энергии, расходящиеся от станции к Луне и Марсу. «Солнечный мост» стал не просто станцией – он стал символом новой эры, где технологии служат жизни во Вселенной.



Модульная концепция орбитальной станции «Солнечный мост».

Модульная концепция станции основана на принципах Индустрии 6.0: регенеративности, биомимикрии, квантовой оптимизации, этичного ИИ и децентрализации. Она позволяет поэтапно развёртывать станцию, масштабировать её функции и оперативно заменять компоненты.

Принципы модульного проектирования.

Автономность модулей: каждый модуль может работать независимо, обеспечивая жизнеспособность станции при выходе одного из блоков из строя.

Стандартизация интерфейсов: унифицированные стыковочные узлы, энергетические и информационные соединения.

Масштабируемость: возможность добавления новых модулей без перестройки всей станции.

Ремонтопригодность: замена модулей целиком или их компонентов силами роботов ремонтников.



Турма и Двима: энергия дружбы

Функциональная специализация: каждый модуль выполняет чётко определённую задачу.

Симбиоз технологий: интеграция биосистем, квантовых вычислений и классических инженерных решений.

Основные модули станции.

Базовый модуль управления («Сердце моста»). Функции: координация работы всех систем, связь с Землёй и другими объектами, управление стыковкой. Состав: квантовый суперкомпьютер для оптимизации энергопотоков; система квантовой коммуникации (связь с Землёй без задержек); центральный пост управления с голографическими интерфейсами; резервные системы жизнеобеспечения. Особенности: сферическая форма для равномерного распределения нагрузок, радиационная защита.

Энергетический модуль («Солнечный парус»). Функции: генерация энергии, первичное накопление, распределение. Состав: раскладные солнечные панели площадью 10 км^2 с КПД 45%; квантовые фотоэлектрические преобразователи; первичные накопители энергии; системы ориентации и самоочистки панелей. Особенности: конструкция по принципу «зонтика» – раскладывается в космосе, имеет микро дроны для очистки от пыли.

Передающий модуль («Лучевой канал»). Функции: передача энергии на Землю и космические объекты. Состав: лазерные излучатели (длина волны 1064 нм, мощность 1 ГВт на луч); микроволновые антенны (частота 2,45 ГГц); система фокусировки и безопасности; датчики слежения за приёмниками энергии. Особенности: автоматическое отключение луча при обнаружении объектов в зоне передачи.

Накопительный модуль («Квантовое хранилище»). Функции: накопление избыточной энергии, обеспечение бесперебойной

работы. Состав: квантовые батареи на принципах квантовой запутанности; сверхпроводниковые накопители; топливные элементы на водороде; система терморегуляции. Особенности: рекордная плотность хранения энергии, КПД накопления 99%.

Сервисный модуль («Космическая мастерская»). Функции: ремонт, сборка, производство запчастей. Состав: роботизированный цех ремонта и сборки; 3D принтеры для печати из металлолома; док станции для дронов инспекторов; склад запчастей и материалов. Особенности: автономные роботы ремонтники с ИИ, способные работать в открытом космосе.

Жилой модуль («Зелёная орбита»). Функции: обеспечение жизнедеятельности экипажа, отдых, научные исследования. Состав: секции с искусственной гравитацией за счёт вращения; биорегенеративные системы – водоросли, грибы, вертикальные фермы); жилые каюты, лаборатории, зона отдыха; панорамные окна с регулируемой прозрачностью. Особенности: замкнутый цикл жизнеобеспечения (вода, воздух, пища), биомиметические материалы.



Научный модуль («Лаборатория космоса»). Функции: исследования физики Солнца, космической погоды, новых материалов. Состав: спектрометры и телескопы для наблюдения за Солнцем; установки для экспериментов с микрогравитацией; лаборатории по изучению биомимикрии; квантовые сенсоры для мониторинга станции. Особенности: внешние платформы для размещения приборов в открытом космосе.

Этапы развёртывания станции:

- год 1–2: базовый этап. Запуск базового модуля управления. Стыковка энергетического модуля. Развёртывание первых секций солнечных панелей. Тестирование систем генерации и накопления энергии;

- год 3–4: расширение функционала. Добавление передающего модуля. Тестирование передачи энергии на Землю (на наземные ректенны). Монтаж накопительного модуля. Запуск сервисного модуля с роботами ремонтниками;

- год 5–6: пилотируемая эксплуатация. Стыковка жилого модуля. Прибытие экипажа. Установка научного модуля. Начало научных исследований и обслуживания других космических объектов;

- год 7–10: масштабирование. Добавление резервных модулей. Расширение площади солнечных панелей. Увеличение мощности передающих систем. Интеграция в межпланетную энергетическую сеть. Стыковочные и интерфейсные системы.

Унифицированные интерфейсы.

Механические: андрогинные стыковочные узлы для модулей и кораблей.

Энергетические: высокоскоростные шины передачи энергии до 10 ГВт.

Информационные: оптоволоконные магистрали и квантовые каналы связи.

Турма и Двима: энергия дружбы

Жизнеобеспечения: магистрали подачи воздуха, воды и питательных растворов.

Система стыковки: автоматическая (под управлением квантового ИИ); ручная (операторы в центре управления); аварийная (механические захваты для нештатных ситуаций).

Преимущества модульной концепции.

Гибкость: возможность менять конфигурацию под задачи.

Надёжность: выход из строя одного модуля не приводит к потере станции.

Экономичность: поэтапное финансирование и развёртывание.

Инновационность: быстрая замена устаревших модулей на новые.

Масштабируемость: станция может расти до размеров космической базы.

Сборка станции. В открытом космосе, где на фоне Земли разворачивается гигантская конструкция, Турма и Двима наблюдают за стыковкой нового накопительного модуля. На экранах центра управления видны: роботы монтажники, соединяющие энергокабели; голограмма, показывающая распределение нагрузки между модулями; графики роста мощности станции.

Турма с удовлетворением:

– Смотри, Двима, наша модульная концепция работает идеально. Каждый модуль – как клетка живого организма: автономная, но связанная с другими. Мы можем наращивать станцию бесконечно!

Двима анализирует данные биосистем жилого модуля:

– И что особенно важно – мы сохранили принципы Индустрии 6.0. Станция не просто растёт – она развивается гармонично: биосистемы жилого модуля очищают воздух и производят пищу;

Турма и Двима: энергия дружбы

квантовый ИИ оптимизирует работу всех узлов; каждый новый модуль усиливает симбиоз человека и технологий.

На голограмме всплывает уведомление: «Сборка станции завершена на 85%. Мощность генерации: 8,2 ГВт. Уровень удовлетворённости экипажа: 93%. Экологические показатели: норма. Следующий этап: тестирование передачи энергии на лунную базу».

Турма:

– Следующий шаг – добавить модуль для производства водорода. Тогда мы сможем заправлять космические буксиры прямо на орбите!

Двима:

– И это только начало!

Наша модульная концепция – это не просто станция, а прототип космической цивилизации Индустрии 6.0, где технологии служат жизни во Вселенной!



Серия научно-технических изданий «Формула турбин»

Култышев Алексей Юрьевич

ТУРМА И ДВИМА: ЭНЕРГИЯ ДРУЖБЫ

Монография

ISBN 978-5-6055928-9-1



Подписано в печать 05.08.2026. Формат 70×100/16. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 8,34. Тираж 3000. Заказ №588.

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного автором,
ООО «Принтер», 152900, Ярославская обл., г. Рыбинск, ул. Луговая, д. 7

Тел. (4855) 32-00-10.

Издатель: ООО «Стерх, 152901, Ярославская обл., г. Рыбинск, ул. Стоялая, д. 17

Тел.: (4855) 281-650, 281-381.

Серия научно-технических изданий «Формула турбин»

Серия книг «Формула турбин» продолжает традицию сотрудничества экспертов, ученых, преподавателей, конструкторов, технологов и специалистов, которые становятся авторами, редакторами и рецензентами изданий и представляют различные профильные организации в энергомашиностроительной и нефтегазовой отраслях, в научной и образовательной сфере:

- Газпром;
- Газпром энергохолдинг индустриальные активы;
- Силовые машины;
- Уральский турбинный завод;
- Невский завод;
- Турбосервис;
- Центральный котлотурбинный институт;
- Уральский федеральный университет;
- Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого;
- Московский энергетический институт;
- Ротек Компоненты и Материалы;
- РЕНН.

Скачать книги можно
на сайте журнала «Турбины и Дизели»,
по ссылке



Серия научно-технических изданий в области энергетического машиностроения



Турбины и Дизели

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Подписной индекс
в Объединенном каталоге
«Пресса России»:

Журнал «Турбины и Дизели»

87906

Каталог
энергетического оборудования
«Турбины и Дизели»

87907

Подписка через редакцию с любого номера журнала



Тел./факс: (4855) 285-997
info@turbine-diesel.ru
www.turbine-diesel.ru
www.altengen.ru
www.t.me/turbine_diesel



ОБЗОРЫ РЫНКА энергетического оборудования



Самый полный массив данных в России

- Конракты и реализованные проекты
- Изготовители двигателей и генераторных установок
- Дилеры, поставщики оборудования
- Инженерные и проектные организации
- Представительства зарубежных компаний

2026



КАТАЛОГ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Самый полный Каталог оборудования
для генерации электрической и тепловой
энергии – 15 000 моделей.

Подробно представлены:

- газотурбинные двигатели для ГТЭС и ПГУ;
- газопоршневые и дизельные приводы;
- паровые турбины;
- теплообменное оборудование для ГТЭС, ПГУ и ГПЭС;
- электрогенераторы различного типа;
- электрогенераторы;
- абсорбционные холодильные установки (чиллеры).

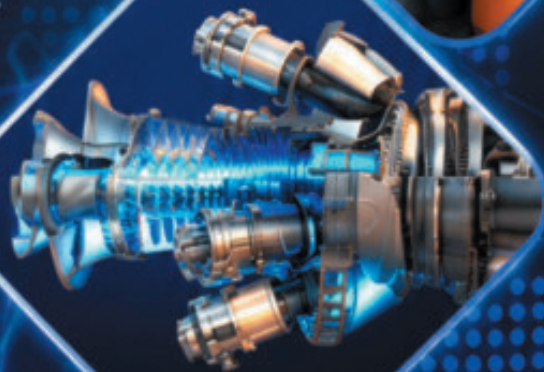


Объединяя лучшее!

ГК «РЕНН» – это надежный эксперт
в области производства,
комплексных поставок, монтажа,
технического обслуживания
и ремонта энергетических объектов
и турбинного оборудования

Мы предлагаем:

- собственное производство;
- более 200 квалифицированных специалистов;
- поставку запасных частей, монтаж и полевой сервис газовых и паровых турбин;
- монтаж, ремонт и техническое обслуживание тепломеханического оборудования;
- модернизацию и реконструкцию объектов любой сложности.



ООО «РЕНН-К»

тел. +7 (927) 437-01-02

 renn-group.ru

 info@renn-group.ru





Култышев Алексей Юрьевич,

доктор технических наук, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, выпускник кафедры «Турбины и двигатели» Уральского федерального университета (ранее УГТУ-УПИ). В настоящее время президент «ТурбоСервис Рус», профессор Института энергетики Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, главный редактор журнала «Турбины и Дизели». Член редколлегии журнала «Теплоэнергетика». Ранее главный конструктор АО «Уральский турбинный завод», генеральный конструктор и заместитель генерального директора АО «Силовые машины», заместитель генерального директора-технический директор ООО «Газпром энергохолдинг индустриальные активы» и преподаватель Уральского федерального университета. Автор более 150 научных работ, 15 монографий и учебников, а также 10 патентов на изобретения

ТУРБО  **СЕРВИС**

