

TRIZLY · AI-АГЕНТ ИНЖЕНЕРНЫХ, ПРОДУКТОВЫХ И БИЗНЕС-РЕШЕНИЙ

Разрешение противоречия «качество ↔ издержки» на производстве

Демонстрационный отчёт: автономный ТРИЗ-анализ бизнес-задачи — от формулировки противоречия до проверенных, ранжированных решений и оценки экономики.

Тип задачи	Методология	Дата анализа	Формат
Бизнес / производство и качество	ТРИЗ: 9 фаз, 4 стратегии	28 сентября 2026	Демо-кейс для сайта

1. Резюме

Завод по литью пластиковых корпусов для OEM-клиентов должен одновременно улучшить качество (два ключевых клиента требуют не более 500 дефектов на миллион изделий) и снизить издержки (те же клиенты требуют снижения цены на 5%). Привычный путь к качеству — сплошной контроль, ужесточение режимов, больше проверяющих — увеличивает расходы; привычный путь к экономии — дешёвое сырьё и меньше контроля — увеличивает брак и риск потери контрактов. Это классическое ТРИЗ-противоречие: контроль должен быть сплошным и выборочным одновременно.

Агент Trizly прошёл полный девятифазный цикл анализа, адаптированный под бизнес-задачу: углубил противоречие до корневой причины в устройстве системы качества, сформулировал идеальный конечный результат (ИКР), провёл ресурсный аудит, сгенерировал решения по четырём стратегиям, объединил их, подверг адверсарной проверке «скептиком» (директор по качеству, главный инженер, финансовый директор) и ранжировал по составному критерию. Для бизнес-задач дополнительно рассчитана ориентировочная экономика пакета решений.

Итог: из 5 проверенных решений приоритет — «контроль по риску» (интенсивность проверки зависит от риска, а не одинакова для всех деталей) и «стабильный пуск» (около 60% брака рождается в первый час после переналадки); далее — контроль процесса (SPC) на проблемных станках. Ориентировочный эффект пакета: затраты на качество снижаются с 11,5% до $\approx 7\text{--}8,7\%$ выручки, дефекты у клиента — до ≤ 500 ppm, операционная маржа после снижения цены возвращается к $\approx 6,6\text{--}8,2\%$.

2. Описание задачи (кейс)

Контекст. Завод по литью пластиковых корпусов для бытовой техники и электроники под заказ OEM-клиентов (B2B). 14 термопластавтоматов (ТПА), 3 смены, $\approx 400\,000$ изделий в месяц. Два ключевых клиента дают 35% выручки; по условиям контрактов допустимо не более 500 ppm (дефектов на миллион изделий).

Выручка: ≈ 20 млн ₽/мес ($400\,000$ изделий $\times \approx 50$ ₽) **Операционная маржа:** 8% (1,6 млн ₽/мес)

Внутренний брак: 4,8% изделий **Дефекты, дошедшие до клиентов:** 1 300 ppm (требование ≤ 500)

Затраты на качество (COQ): 11,5% выручки = 2,3 млн ₽/мес (брак и переделки 1,2; контроль 0,6; претензии и штрафы 0,5)

Контроль: сплошной визуальный, 14 контролёров **Доля двух ключевых клиентов:** 35% выручки (≈ 7 млн ₽/мес)

Запрос клиентов: снижение цены на 5% со следующего года

Претензии: 2 письменных предупреждения за полгода

Симптом. Разбор брака показывает: 3 из 14 ТПА (старые машины) дают 55% брака, а около 60% дефектов рождается в первые 60 минут после переналадки, смены партии сырья или смены оператора (облой, недолив, утяжины, разнотон). Сплошной визуальный контроль ловит дефекты «на выходе», но не предотвращает их и пропускает часть из-за усталости контролёров к концу смены; при этом контроль и переделки съедают 9% выручки.

Бизнес-давление. Снижение цены на 5% ($\approx 1,0$ млн ₽ в месяц) без мер уменьшит операционную прибыль с 1,6 до 0,6 млн ₽ (3,2% выручки). **Компромисс А — усилить контроль:** +8 контролёров, узкие окна режимов и замедление циклов на 6% добавят $\approx 0,55$ млн ₽ расходов в месяц; ppm снизится лишь до $\approx 600\text{--}700$ (всё ещё выше требования), а прибыль упадёт почти до нуля. **Компромисс Б — сэкономить:** увеличить долю регранулята с 10% до 25% и сократить контроль даст $\approx 0,45$ млн ₽ экономии в месяц, но дефекты вырастут до $\approx 2\,000+$ ppm, и под угрозой окажутся контракты на $\approx 6,7$ млн ₽ выручки в месяц. **Цель:** ≤ 500 ppm и операционная маржа не ниже 6,5% после снижения цены на 5%.

Кейс сконструирован как репрезентативный пример класса задач «противоречие качества и стоимости», типичного для контрактного производства (литьё, механообработка, упаковка, пищевые производства) — данные приближены к отраслевым порядкам величин и приведены для демонстрации работы агента.

3. Классификация типа задачи ФАЗА 0 — INTAKE+

БИЗНЕС-ЗАДАЧА — производство, стоимость качества (COQ), управление процессом.

Границы системы: литьё → контроль → упаковка → отгрузка; система планов контроля и наладки

Главная полезная функция: выпускать изделия, соответствующие требованию ≤ 500 ppm, при целевой себестоимости

Условия эксплуатации: 3 смены, парк ТПА разных лет, частая переналадка (мелкие партии), разброс свойств партий сырья

Ограничения: бюджет внедрения до 4 млн ₽; требования клиентов к контролю критичных признаков; нельзя надолго останавливать линии

4. Техническое противоречие ФАЗА 1

ТП: Повышение качества выпуска (аналог парам. 29 — точность изготовления) → рост потерь ресурсов на контроль, переделки и простои (аналог парам. 23 — потери вещества и парам. 25 — потери времени).

Адаптированный набор принципов для бизнес-задач указывает на:

№1 Сегментация

№3 Местное качество

№10 Предварительное действие

№13 Наоборот

№15 Динамичность

№25 Самообслуживание

№28 Замена механической схемы

Цепочка «почему» (углубление до корня)

1. **Почему рост качества увеличивает издержки?** Качество «достигается» на выходе — сплошным осмотром 100% изделий и выбраковкой; каждый дополнительный шаг к 500 ppm покупается дополнительными контролёрами, замедлением циклов и потерей материала.
2. **Почему качество обеспечивается на выходе, а не в процессе?** Дефект выявляется только после литья: параметры процесса (температура, давление, время цикла) не связаны с прогнозом дефекта, наладка идёт «по опыту» наладчика и не подтверждается данными.
3. **Почему параметры не связаны с дефектами?** Данные ТПА фиксируются частично и вручную (журналы смен), нет статистического контроля процесса (SPC) и стандарта пуска; стабильность зависит от людей и партии сырья.

Физическое противоречие (Уровень 3)

Контроль качества должен быть **сплошным**, чтобы ни один дефект не дошёл до клиента (функция 1), и одновременно должен быть **минимальным и выборочным**, чтобы не оплачивать проверку каждого изделия (функция 2).

Зона конфликта: по времени — первые 60 минут после переналадки, смены сырья и смены оператора ($\approx 60\%$ брака); по месту — 3 проблемных ТПА (55% брака) и участок выходного контроля; по условию — партии сырья с разбросом свойств и мелкие серии с частой переналадкой.

5. Идеальный конечный результат (ИКР) ФАЗА 2

ИКР-1 (функциональный): Дефекты не возникают, а если возникают — фиксируются в момент появления, без сплошного контроля и без дополнительных затрат: процесс сам удерживает качество.

ИКР-2 (ресурсный): Используя только существующие ресурсы (данные и датчики ТПА, знания наладчиков, паузы цикла, журналы брака), процесс сам сигнализирует о дрейфе параметров до появления брака, а контроль сосредоточен только там, где риск действительно высок.

ИКР-3 (предельный — устранение элемента): Отдельного этапа контроля нет вообще, но брак невозможен — конструкция формы и изделия исключает ошибку (poka-yoke), а деталь «сама сообщает» о нарушении.

6. Ресурсный анализ ФАЗА 3

Тип ресурса	Что доступно	Статус
Вещество	14 ТПА и формы, первичная смола + 10% регранулята, 14 контролёров, эталонные образцы и калибры	Эталоны используются нерегулярно
Поле	Давление, температура, скорость впрыска — уже измеряются на ТПА; освещение на посту контроля	Измеряется, но не связано с прогнозом дефекта
Пространство	Место у выхода ТПА для встроенного контроля; свободные площадки рядом с проблемными станками	Свободно
Время	Цикл 18–24 с оставляет паузы для проверки в потоке; критичное окно — первые 60 минут после переналадки	Критичное окно не выделено особым режимом
Информация	Журналы брака по причинам, станкам, сменам и партиям сырья; данные циклов ТПА; претензии клиентов	Собирается вручную, не анализируется системно
Функция/свойство	Операторы могут выполнять самоконтроль первой и последней детали; контролёры могут стать аудиторами процесса	Не используется

7. Генерация решений — 4 параллельные стратегии ФАЗА 4

Для бизнес-задач агент использует адаптированный набор принципов ТРИЗ и су-польные аналогии. Ниже — необработанные решения по каждой стратегии до объединения (Фаза 5) и проверки (Фаза 6).

А. Принципы (бизнес-набор)

- **№1 Сегментация** — разделить станки, изделия и временные окна по уровню риска; строгий контроль там, где брак рождается, облегчённый — в стабильных зонах.
- **№3 Местное качество** — разные режимы контроля для разных участков: 100% на критичных позициях и проблемных ТПА, выборка на стабильных.
- **№9 Предварительное антидействие** — заранее нейтрализовать причины дефекта: сушка сырья, стабилизация температуры формы, чек-лист наладки.
- **№10 Предварительное действие** — выполнять проверку до запуска партии: эталонная первая деталь, профилактика форм.
- **№13 Наоборот** — вместо проверки каждого изделия проверять процесс: контролировать параметры и останавливать ТПА при дрейфе.
- **№15 Динамичность** — менять интенсивность контроля в зависимости от состояния процесса (адаптивная выборка).
- **№25 Самообслуживание** — операторы сами контролируют первые и последние детали; конструкция формы сама исключает ошибку.
- **№28 Замена механической схемы** — заменить визуальный осмотр оптической системой (камера с контрастной подсветкой).
- **№35 Изменение параметров** — сместить рабочее окно параметров процесса (температура формы, давление подпитки) по данным о связи режимов и дефектов.

В. Су-польная аналогия

Модель: S1 (контроль на выходе) — F (проверка) → S2 (изделие). Поле F приложено ко всем изделиям одинаково и слишком поздно — после появления дефекта; причинное поле (нестабильные параметры процесса) остаётся неуправляемым. Решения: ввести измерительный контур S3 (SPC, датчики, камеры), связать поле процесса с прогнозом дефекта и перенести контроль от результата к причине.

- Датчики и контрольные карты (S3) на ТПА: сигнал и автостоп при выходе параметров за окно.
- Оптическая система (S3) вместо глаза контролёра — стабильная проверка без усталости.
- Стандарт пуска (S3) как «посредник» между наладкой и серией: партия не идёт в серию без подтверждения эталоном.

С. Аналогии физических эффектов

- **Тепловая инерция и стабилизация** — форма и материал выходят на равновесие не сразу; предпусковой прогрев и стабилизация снижают дефекты первых деталей.
- **Корреляция параметра и дефекта** — статистические зависимости (контрольные карты, индекс Срк) позволяют предсказывать брак по режимам до его появления.
- **Оптический контраст** — подсветка под углом выявляет облой и утяжины надёжнее и дешевле, чем осмотр человеком.

D. ARIZ-85V

Не потребовалось — стратегии А-С дали достаточное покрытие решения; переход к Фазе 5 без полного цикла ARIZ.

Принципы разделения противоречивых свойств

- **По времени:** усиленный контроль — только в критическое окно (первые 60 минут после переналадки и смены сырья); в стабильные часы — минимальный.
- **По месту:** сплошной контроль — на 3 проблемных ТПА и критичных признаках; остальные станки — выборка и автоматический мониторинг.
- **По условию:** интенсивность контроля определяется состоянием процесса (отклонения параметров, индекс Срк), а не фиксирована.
- **Целое/часть:** контроль не сосредоточен в конце — часть встроена в процесс (самоконтроль, рока-уоке, датчики, камера).

8. Синтез решений ФАЗА 5

1. «Контроль по риску»

Динамическая выборка: 100% контроль — только в первые 60 минут после переналадки, на 3 проблемных ТПА и по критичным признакам; в стабильном режиме — выборочный контроль по плану AQL (ISO 2859-1); интенсивность привязана к показателям процесса. Цель: сократить сплошной контроль с 14 до ≈9 человек (через перераспределение и текучесть, без увольнений).

2. Контроль процесса вместо проверки деталей (SPC)

Датчики и сбор параметров (давление, температура, время цикла) с ТПА, контрольные карты, сигнал и автостоп при выходе за рабочее окно; связь режимов с типами дефектов. Старт — 3 проблемных ТПА, затем весь парк.

3. «Стабильный пуск»

Стандарт пуска: чек-лист наладки, сушка и проверка сырья, стабилизация формы, эталонная первая деталь с подписью наладчика и контролёра, повторная проверка через 30 минут. Цель — вдвое сократить брак первого часа.

4. Машинное зрение на выходе ТПА

Камеры с контрастной подсветкой на проблемных станках вместо визуального осмотра; на первом этапе — пилот на одном ТПА, затем тиражирование по результатам.

5. Самоконтроль и рока-уоке

Операторы проверяют первую и последнюю деталь по эталону-калибру; в 2–3 самых проблемных формах — конструктивные признаки, исключающие ошибку; контролёры переквалифицируются в аудиторов процесса.

9. Адверсарная проверка ФАЗА 6

Каждое решение проверено «скептиком» (директор по качеству, главный инженер, финансовый директор) по 4 критериям: логика, экономика, реализуемость, побочные эффекты.

Решение	Статус	Реализуемость	Трудоёмкость	Ключевые риски
1. Контроль по риску	С ДОРАБОТКОЙ	4/5	Низкая–средняя	Клиенты могут требовать сплошной контроль критичных признаков — согласовать планы выборки (AQL) и перечень критичных позиций; в переходный период сохранить двойной контроль
2. Контроль процесса (SPC)	С ДОРАБОТКОЙ	3,5/5	Средняя	Старые ТПА без цифрового интерфейса — нужны внешние датчики и шлюзы; начинать с 3 проблемных станков (≈0,5 млн ₽), затем весь парк (≈1,6 млн ₽)
3. Стабильный пуск	ПОДТВЕРЖДЕНО	4,5/5	Низкая	Дисциплина исполнения и рост времени переналадки на 10–15 минут (≈1–1,5% производительности) — измерять и учитывать в нормативах
4. Машинное зрение	С ДОРАБОТКОЙ	3/5	Высокая	Не все дефекты (разнотон, глянец) надёжно ловятся камерой; ложные срабатывания; ≈1,0–1,5 млн ₽ на пост, окупаемость одного поста более 12 месяцев — только пилот
5. Самоконтроль и рока-уоке	С ДОРАБОТКОЙ	3,5/5	Средняя	Конфликт интересов при самопроверке — нужен выборочный независимый аудит; доработка оснастки (≈0,4 млн ₽); сопротивление персонала

10. Ранжирование по составному критерию ФАЗА 7

Composite = Инновационность×0,30 + Реализуемость×0,30 + Стоимость×0,20 + Универсальность×0,20

№1 · Контроль по риску — 0.79

Инновационность 0.65 · Реализуемость 0.85 · Стоимость 0.85 · Универсальность 0.85



№2 · Стабильный пуск — 0.74

Инновационность 0.50 · Реализуемость 0.90 · Стоимость 0.90 · Универсальность 0.70



№3 · Контроль процесса (SPC) — 0.70

Инновационность 0.70 · Реализуемость 0.70 · Стоимость 0.55 · Универсальность 0.85



№4 · Машинное зрение на выходе ТПА — 0.64

Инновационность 0.85 · Реализуемость 0.55 · Стоимость 0.35 · Универсальность 0.75



№5 · Самоконтроль и рока-уоке — 0.62

Инновационность 0.60 · Реализуемость 0.60 · Стоимость 0.65 · Универсальность 0.65



11. Анализ эволюции и системный оператор ФАЗА 8

	Прошлое	Настоящее	Будущее
Надсистема	Производство под одного заказчика с приёмкой «на глаз»	Цепочки поставок OEM с жёсткими ppm-требованиями и ежегодным снижением цены	Прозрачные цифровые цепочки: клиент видит данные процесса поставщика («цифровой паспорт партии»)
Система	Качество = сплошной контроль на выходе	Контроль на выходе + фиксированные режимы без обратной связи → рост затрат на качество	Процесс, управляющий качеством: SPC, прогноз дефекта, автокоррекция параметров
Подсистема	Контролёр с визуальным осмотром	Контролёр как «фильтр» дефектов, не влияющий на причину	Датчик и камера, встроенные в ТПА и форму; изделие, исключаящее брак конструктивно

Закон эволюции: переход от контроля результата к управлению причиной (повышение управляемости); переход от механических и «человеческих» схем к полевым и оптико-электронным; «свёртывание» — контроль встраивается в сам процесс и перестаёт быть отдельной операцией.

Следующее вероятное новое противоречие: по мере роста автоматизации и объёма данных возникнет «прозрачность и автоматизация ↔ конфиденциальность и стоимость владения»: клиенты потребуют доступ к данным процесса, а поддержка систем потребует новых компетенций (данные, интеграция) и постоянных затрат.

12. Экономика и целевые KPI (оценочная модель)

Метрика	Сейчас	Цель
Дефекты, дошедшие до клиента	1 300 ppm	≤500 ppm
Внутренний брак	4,8%	≤3,0%
Доля брака первого часа после переналадки	≈60% всего брака	≤30%
Затраты на качество (COQ)	11,5% выручки (2,3 млн ₽/мес)	≈7-8,7% (1,35-1,65 млн ₽/мес)
Операционная маржа после снижения цены на 5%	3,2% без мер	≈6,6-8,2%

Статья эффекта	Оценка
Сокращение внутреннего брака и переделок (с 4,8% до ≈3%)	≈0,30-0,45 млн ₽/мес
Сокращение внешних потерь (претензии, штрафы, замены)	≈0,20-0,30 млн ₽/мес
Экономия на сплошном контроле (14 → ≈9 контролёров)	≈0,15-0,20 млн ₽/мес
Итого ориентировочный эффект	≈0,65-0,95 млн ₽/мес
Защита контрактов ключевых клиентов (35% выручки)	≈6,7 млн ₽ выручки в месяц
Разовые инвестиции: быстрые меры («стабильный пуск», «контроль по риску»)	≈0,2-0,3 млн ₽
Разовые инвестиции: SPC на 3 ТПА, пилот машинного зрения, доработка 2-3 форм	≈1,5-2,0 млн ₽ (полное внедрение по всему парку — ≈3,5-4,5 млн ₽)
Срок окупаемости	быстрые меры ≈1-2 месяца; полный пакет ≈6-9 месяцев

Допущения модели (для иллюстрации): около 60% брака рождается в первый час после переналадки — стабильный пуск сокращает эту часть вдвое (≈−1,4 п.п. брака); SPC на проблемных станках и последующие меры снижают остальной брак ещё на ≈0,4-0,6 п.п.; доля брака, доходящего до клиента, снижается пропорционально росту устойчивости процесса (≈1 300 → ≤500 ppm); стоимость проверяющего специалиста с взносами ≈43 тыс. ₽/мес; полный эффект достигается за 3-4 месяца после запуска. Не учтены снижение стоимости сырья за счёт меньших потерь и рост доверия клиентов — потенциал сверх оценки. Для реального предприятия модель нужно пересчитать по собственным данным.

13. Дорожная карта внедрения

Этап	Действие	Срок	Эффект
1	Аудит: Парето брака по станкам, сменам и причинам; замер COQ; согласование планов выборки и критичных признаков с двумя ключевыми клиентами	1-2 недели	База для решений и целевых KPI
2	«Стабильный пуск»: чек-листы наладки, эталонная первая деталь, стабилизация формы, подготовка сырья	2-4 недели	Сокращение брака первого часа
3	«Контроль по риску»: 100% только в критичных окнах и на проблемных ТПА, выборка в стабильном режиме; двойной контроль в переходный период	3-5 недель, параллельно	Снижение затрат на контроль без роста ppm
4	Пилот SPC на 3 проблемных ТПА: датчики и шлюзы, контрольные карты, сигналы и автостоп	6-10 недель	Предотвращение брака по параметрам процесса
5	Пилот машинного зрения на одном ТПА: сбор данных, обучение, оценка ложных срабатываний	10-16 недель	Решение о тиражировании по фактам
6	Самоконтроль и рока-уоке: доработка 2-3 самых проблемных форм, обучение операторов, переквалификация контролёров в аудиторов процесса	По готовности	Устойчивое качество без сплошного контроля

14. Приложение: инструменты ТРИЗ, использованные в анализе

Адаптированная матрица противоречий

Принципы изобретательства (бизнес-набор)

Су-польная аналогия

Принципы разделения (время/место/условие/целое-часть)

Аналогии физических эффектов

ИКР (3 уровня)

Ресурсный чек-лист (6 типов)

Системный оператор

Законы эволюции систем

Адверсарная верификация

Многокритериальное ранжирование

Стоимость качества, COQ (оценочная модель)

Отчёт сгенерирован агентом Trizly (ТРИЗ-методология, 9 фаз, адаптированная под бизнес-задачи) в демонстрационных целях. Числовые данные кейса приближены к отраслевым порядкам величин и предназначены для иллюстрации методологии, а не для конкретного предприятия.