

Приволжский политехнический техникум

Специальность «Технология машиностроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора

2026

ВЫПОЛНИЛ(А)

НАУЧНЫЙ
РУКОВОДИТЕЛЬ

Игнатов Артём Сергеевич, группа ТМ-41

Кузьмин П. В., преподаватель спецдисциплин

Устаревшая технология при растущей программе выпуска

- ◆ **Деталь — вал-шестерня редуктора конвейера** Входит в состав редуктора ленточного конвейера, от её качества зависит надёжность всей передачи.
- ◆ **Действующий техпроцесс — из 1990-х** Разработан более 30 лет назад, не учитывает современное оборудование и методы обработки.
- ◆ **Годовая программа — 5 000 штук** Серийный выпуск требует актуальной технологии для стабильного качества и снижения затрат.

Пересмотр технологии необходим для повышения эффективности производства

Разработка современного технологического процесса изготовления вала-шестерни

01

Анализ действующего процесса

Выявить узкие места и причины брака в техпроцессе 2025 года, определить резервы снижения трудоёмкости.

03

Расчёт режимов и оснастки

Рассчитать режимы резания для токарной операции с ЧПУ, спроектировать цанговую оправку с расчётом усилия зажима.

Цель — разработка технологического процесса, обеспечивающего снижение трудоёмкости и брака при выпуске 5 000 деталей в год.

02

Выбор заготовки и маршрута

Сравнить прокат и штамповку на ГКМ, спроектировать маршрут из 11 операций с современным оборудованием.

04

Контроль и экономика

Разработать схему контроля качества, оценить снижение штучного времени и срок окупаемости оснастки.

ОБЪЕКТ РАЗРАБОТКИ

Вал-шестерня редуктора конвейера

Вал-шестерня передаёт крутящий момент в редукторе ленточного конвейера. Материал — сталь 40Х. Масса — 3,4 кг. Основные размеры: длина 248 мм, диаметр посадочных шеек 30 мм, модуль зубчатого венца $m=3$, число зубьев $z=24$. Точность зубчатого венца — 8-я степень, шероховатость рабочих поверхностей $Ra\ 1,6\ldots0,8\ \mu\text{м}$.

- ◆ Требования к точности и шероховатости — по чертежу детали



— ДЕЙСТВУЮЩИЙ ТЕХПРОЦЕСС, 2025 Г.

Анализ действующего технологического процесса

14

Операций в маршруте
включая контрольные

42,5 мин

Штучное время
на одну деталь

4,1%

Доля брака
по итогам 2025 года

Узкие места: устаревшее оборудование, ручные операции, неоптимальные режимы резания

Сравнение проката и штамповки на ГКМ

Показатель	Прокат	Штамповка на ГКМ
Масса заготовки	9,8 кг	7,2 кг
Коэффициент использования металла	0,62	0,85
Себестоимость заготовки	580 ₹	620 ₹

Штамповка дороже на 40 ₹, но КИМ 0,85 против 0,62: меньше металла и припуска на обработку

— ПРЕДЛАГАЕМЫЙ ТЕХПРОЦЕСС

Основные операции маршрута из 11 операций

1

Токарная с ЧПУ

Черновое и чистовое
точение, 16,2 мин



2

Фрезерная

Фрезерование
шпоночного паза,
4,1 мин



3

Зубофрезерная

Нарезание зубьев,
6,3 мин



4

Шлифовальная

Чистовое
шлифование шеек,
3,2 мин

Расчёт режимов резания на токарной операции с ЧПУ

Скорость резания для чернового точения вала-шестерни на станке с ЧПУ; далее — основное время операции.

$$v = \frac{\pi D n}{1000}$$

D	Диаметр обрабатываемой поверхности, мм	48 мм	t	Глубина резания, мм	2,5 мм
n	Частота вращения шпинделя, об/мин	1250 об/мин	S	Подача, мм/об	0,3 мм/об
v	Скорость резания, м/мин	188 м/мин	T_0	Основное (машинное) время, мин	1,8 мин

Расчёт для чернового точения; чистовые проходы — с меньшей подачей и глубиной.

— ОСНАСТКА

Цанговая оправка для закрепления заготовки

Заготовка

вал-шестерня

Оправка

цанга + тяга

Шпиндель

станок ЧПУ

Цанговая оправка

зажим · базирование · точность

Расчёт усилия зажима: $W = 3,2 \text{ кН}$ · источники: паспорт станка · справочник

— КАЧЕСТВО · КОНТРОЛЬ ОТК

Контроль качества по предлагаемому техпроцессу

1,3%

Расчётная доля брака

4,1%

Доля брака в действующем процессе

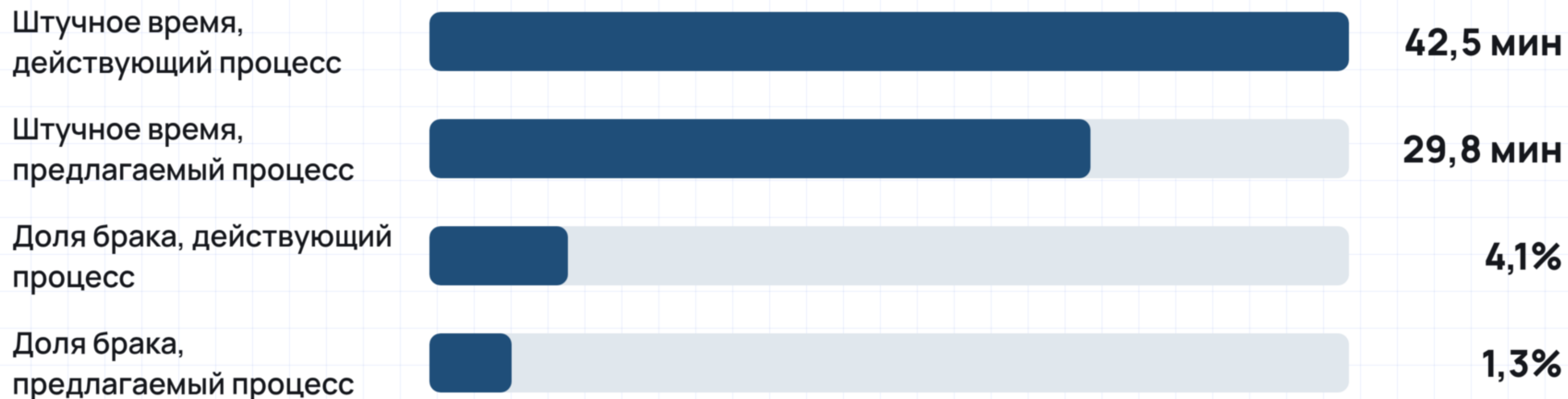
◆ Приёмочный контроль готовой детали

◆ Межоперационный контроль после токарных операций с ЧПУ

◆ Контроль зубчатого венца: калибры, шагомер

◆ Измерение диаметров и длин микрометрами

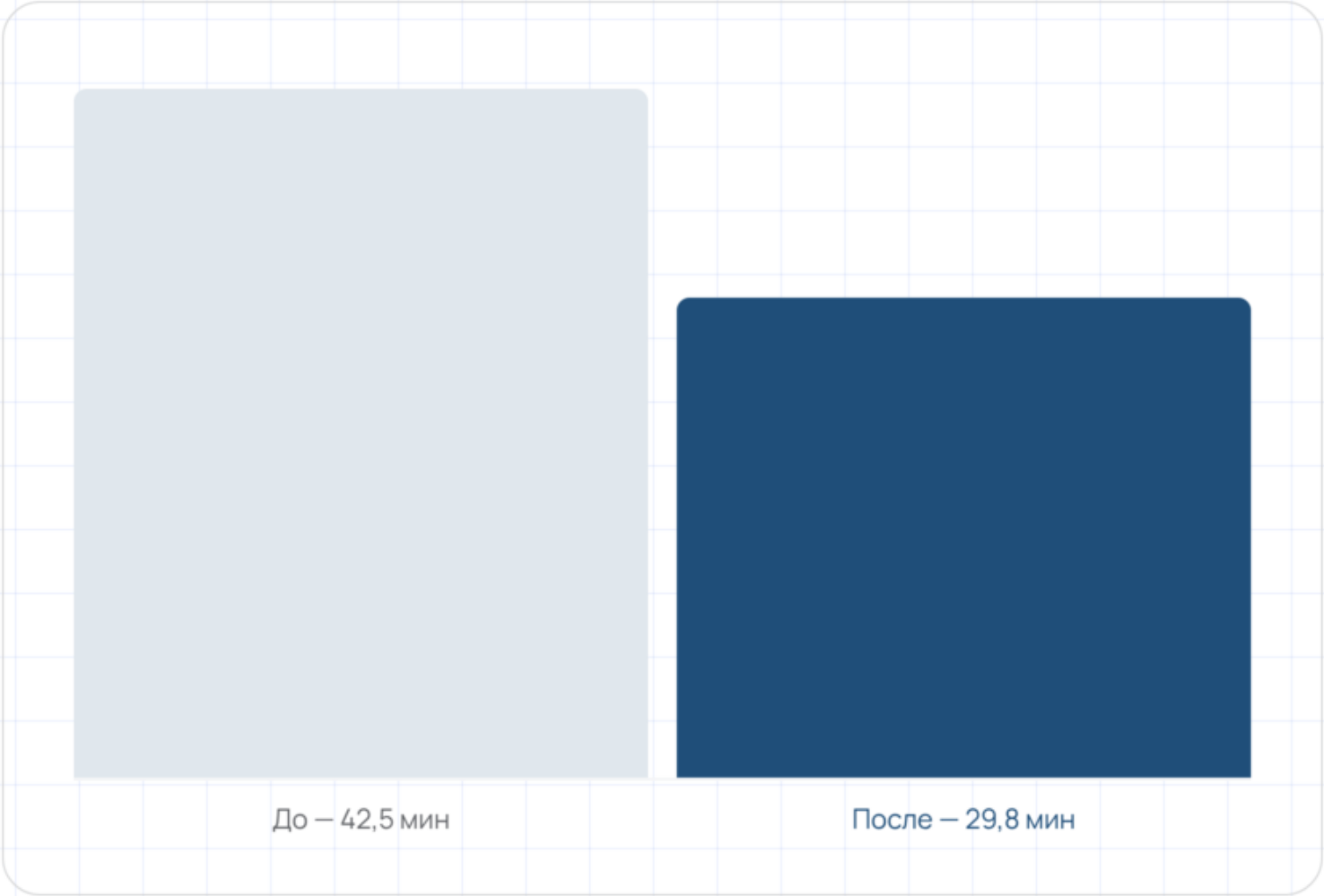
Экономическая эффективность предлагаемого техпроцесса



Снижение штучного времени на 30%, брака — в 3 раза; экономия на годовой программе 5 000 шт. покрывает затраты на оснастку

Результаты проекта

Показатель	До	После
Штучное время, мин	42,5	29,8
Число операций	14	11
Доля брака	4,1%	1,3%



ВЫВОД Предлагаемый техпроцесс из 11 операций подтверждён расчётами и готов к внедрению