

УДК 658.52.011.56

АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВО С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ОБЪЕМА ВЫПУСКА ПРОДУКЦИИ

Загребельный Георгий Юрьевич, Клышейко Антон Андреевич, Пучков Дмитрий Александрович

*Студенты 4 курса,
Кафедра «Металлорежущие станки»
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: А.Г. Ягопольский,
Старший преподаватель кафедры «Металлорежущие станки»*

В настоящее время российское машиностроение сталкивается с вызовом, когда традиционные методы организации производства, опирающиеся на доступные трудовые ресурсы, теряют эффективность. Демографическая яма 2000-х годов и геополитическая обстановка привели к физической нехватке квалифицированного персонала. В условиях, когда заработные платы рабочих специальностей (станочников, операторов ЧПУ) сравниваются с доходами инженерно-технических работников, автоматизация переходит из разряда инноваций в категорию инструментов выживания бизнеса.

В данной работе анализируется вопрос целесообразности автоматизации производства в России с целью повышения объема выпуска продукции деталей машиностроения. Проводится расчет штучного времени изготовления конкретной детали и анализируется влияние автоматизации производства. Осуществляется оценка себестоимости детали до и после внедрения автоматизации, на основе которой делается вывод об экономической эффективности данного способа модернизации производства.

Главным резервом повышения производительности является сокращение вспомогательного времени, ведь сокращение основного времени ($t_{оч}$) обработки практически исчерпано (режимы резания ограничены стойкостью инструмента и свойствами материала).

Источниками наибольших временных потерь являются простои оборудования при ручной установке заготовки, при переналадке, а также человеческий фактор, перерывы на отдых и личные надобности оператора.

В рамках данной работы производится сравнительный анализ производительности двух вариантов организации производственного процесса:

1. Первый вариант (до автоматизации): ручная установка и снятие заготовки, ручная очистка от стружки, простои и т. д.
2. Второй вариант (после автоматизации): загрузка и выгрузка в автоматическом режиме, стабильность ритма производства и отсутствие простоев.

Расчет эффективности базируется на определении штучного времени и годового выпуска продукции для обоих вариантов.

Условие целесообразности применения автоматизации выражается следующей формулой:

$$N_2 > N_1, \quad (1)$$

где N_2 – объем производства после автоматизации; N_1 – объем производства до автоматизации.

В свою очередь, объем производства выражается следующей формулой:

$$N_j = \frac{T_j \cdot \eta - T_{nj} \cdot K}{\sum t_{шт\ ji}}, \quad (2)$$

где T_j – календарное время работы станка в год; η – коэффициент использования станка за время T , принимаемый равным $0,9 \dots 0,95$; T_{nj} – среднее время переналадки операций; K – количество переналадок в месяц; $\sum t_{шт\ ji}$ – суммарное штучное время операций при обработке деталей.

Штучное время обработки детали считается по следующей формуле:

$$t_{шт} = (t_{осн} + t_{всп} + t_{мв}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right), \quad (3)$$

где $t_{осн}$ – основное время обработки; $t_{всп}$ – вспомогательное время обработки; $t_{мв}$ – машинно-вспомогательное время; α – показатель, который учитывает долю времени на отдых рабочего и обслуживание рабочего места (до автоматизации – $\alpha_1 = 10\%$, после автоматизации $\alpha_2 = 0\%$).

Анализируя формулу (3), делаем вывод, что автоматизация будет влиять именно на вспомогательное время, уменьшая его значение.

В общем виде основное время обработки рассчитывается по формуле:

$$t_{осн} = \frac{L}{nS}, \quad (4)$$

где L – длина прохода с учетом врезания и перебега; n – частота вращения шпинделя станка; S – подача инструмента на оборот заготовки.

Вспомогательное время обработки выражается следующей формулой:

$$t_{всп} = t_{у-с} + t_{си} + t_{контр} + t_{оч}, \quad (5)$$

где $t_{у-с}$ – время, затраченное на установку/снятие заготовки; $t_{си}$ – время, затраченное на смену инструмента; $t_{контр}$ – время, затраченное на контроль; $t_{оч}$ – время, затраченное на очистку от стружки.

Основной показатель эффективности ($K_э$):

$$K_э = \frac{t_{всп}}{t_{осн}}, \quad (6)$$

где $t_{осн}$ – основное время обработки; $t_{всп}$ – вспомогательное время обработки.

В расчете себестоимости изготовления одного изделия учитывается только переменная часть, зависящая от внедрения автоматизации:

$$C = M + З + А + Э + ПР, \quad (7)$$

где M – затраты на материал или заготовку; $З$ – расходы на заработную плату производственных рабочих; $А$ – расходы на амортизацию основного оборудования; $Э$ – расходы на электроэнергию эксплуатируемого основного оборудования; $ПР$ – прочие расходы, которые в данном расчете учтены не будут, так как на них роботизация не оказывает эффекта, или они являются пренебрежимо малыми при укрупненном расчете (принимаются равными 0).

В результате сравнительного анализа $K_э$ на основе полученных значений объемов производства до (N_1) и после (N_2) автоматизации и расчетных значений основного ($t_{осн\ j}$) и штучного времен ($t_{шт\ j}$) можно сделать вывод об эффективности и целесообразности внедрения автоматизации путем сравнения основного показателя эффективности $K_э\ j$, а

также переменной части себестоимости C_j . Внедрение средств автоматизации в условиях дефицита кадров является экономически обоснованным. Оно позволяет не только компенсировать нехватку персонала, но и существенно интенсифицировать выпуск продукции, обеспечивая быструю окупаемость инвестиций.

Литература

1. Проектирование механосборочных цехов; Учебник для студентов машиностроит. Специальностей вузов/Под ред. А.М. Дальского – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.: ил. – (Технология автоматизированного машиностроения).
2. Проектирование механосборочных участков и цехов : учебник / В.А. Горохов, Н.В. Беляков, А.Г. Схиртладзе ; под ред. д.т.н., проф. В.А. Горохова. — Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2014. — 540 с. : ил. — (Высшее образование).
3. Грубый, С. В. Оптимизация механической обработки : учебник / С. В. Грубый. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 140 с. — ISBN 978-5-8114-3800-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206447> (дата обращения: 21.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Моисеев, Ю. И. Применение промышленных роботов для загрузки металлообрабатывающего оборудования [Текст] : учебное пособие / Ю. И. Моисеев. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2013. – 170 с.
5. Сабуров, П. С. Учебное пособие к курсу лекций по дисциплине «Автоматизация производственных процессов» / сост. П. С. Сабуров ; Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2014. – 131 с.
6. Анализ производительности роботизированного технологического комплекса механообработки: Задания и мет. указания к курсовому проекту по дисциплине «Автоматизация производственных процессов»/С.И. Романчук, П.Г. Сухоцкий, И.Ф. Фролов, Л.В. Курч – Минск, БНТУ, 2010 – 33 с. ил.