

ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СИСТЕМ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В.Р. Фокин, студент

А.А. Панкова, старший преподаватель

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ
(Россия, г. Казань)

DOI:10.24412/2500-1000-2025-1-4-95-100

Аннотация. Статья посвящена оценке экономической и экологической эффективности внедрения и применения новых технологий для сокращения производственного цикла обработки металла на промышленных предприятиях. Реализация новых технологий предполагает использование современных лазерных установок, адаптированных к требованиям предприятия, и интеграцию системы автоматизированного управления для обеспечения высокого уровня производительности и сокращению производственного цикла на примере авиационного промышленного предприятия КАЗ им С.П. Горбунова.

Ключевые слова: лазерное оборудование, металлообработка, экология, эффективность, мобильность, производственный цикл, информационная система.

В условиях современной промышленности обеспечение высокого качества обработки металлов приобретает всё большее значение. Особенно актуальной эта задача становится на предприятиях, работающих в авиационной отрасли, где технологические требования к качеству обработки деталей крайне высоки. Одним из таких предприятий является Казанский авиационный завод им. С.П. Горбунова, выполняющий ключевую роль в производстве и ремонте авиационной техники. Завод сталкивается с необходимостью внедрения инновационных технологий для повышения эффективности производства, сокращения затрат и улучшения экологической ситуации.

Основной целью данной статьи является разбор положительных эффектов от внедрения лазерной технологии очистки металлов в производственные процессы завода с целью повышения качества обработки и производственной эффективности. Для этого рассмотрим использование современных лазерных установок, адаптированных к требованиям предприятия, и интеграцию системы автоматизированного управления для обеспечения высокого уровня производительности, проведем оценку экономической и экологической эффективности нового подхода.

Современное развитие рынка показывает, что инноватика стала отправной точкой стра-

тегического развития промышленности всех стран, в том числе и Российской Федерации. Отсюда и возникает актуальность и большое значение вопросов теории инноватики.

Инноватика – это отрасль знаний, охватывающая широкий круг вопросов от создания новых знаний до трансформации их в новшества и распространение (диффузию) новшеств [1].

Обоснование инновационного проекта заключается в том, что мобильные аппараты лазерной очистки предназначены для очистки поверхности металлов при помощи воздействия на поверхность импульсным лазером. Оптимальное расстояние от лазерной головы до очищаемой поверхности 600-900 мм. При увеличении расстояния мощность сканирующего луча падает.

При использовании лазерного оборудования сокращается производственный цикл ремонта деталей, так как времени требуется значительно меньше, чем при использовании пескоструйного оборудования.

Вообще, производственным циклом изготовления того или иного изделия или его отдельного узла (детали) называется календарный период времени, в течение которого этот предмет труда проходит все стадии производственного процесса – от первой производ-

ственной операции до сдачи (приемки) готового продукта включительно [2].

В настоящий момент на авиационном предприятии используются следующие виды очистки металла – пескоструйная и механическая. Существуют ряд проблем, возникающих в связи с использованием этих методов обработки металла:

- большое количество оснастки, которую необходимо очищать от ржавчины, грязи и т.д.

- очистка происходит механическим путем, то есть вручную;

- длительность операции очистки;

- большое количество расходного материала;

- вредность операции;

- удаленность участка очистки от места проведения ремонта.

Сравнение основных конкурентов технологии лазерной очистки (рис. 1).

Показатель	Текущая технология очистки от ржавчины на КАЗ		технология очистки от ржавчины на КАЗ не применяется			
	Пескоструйная	Механическая	Химическая*	Лазерная*	Сухим льдом*	Акваблестине*
Компактность установки	Нет	Да	Да	Да	Нет	Нет
Мобильность	Нет	Да	Да	Да	Нет	Нет
Расходные материалы	Песок-воздух	Абразивы	Реагенты	нет	Лед-воздух	Вода
Вредные условия труда	Да	Да	Да	нет	Нет	Нет
Без механических повреждений	Нет	Нет	Да	Да	Да	Да
Минимальная спец одежда	Нет	Нет	Нет	Да	Нет	Нет
Уровень шума	Высокий	Высокий	Низкий	Средний	Высокий	Высокий

Рис. 1. Сравнение конкурентов решения проблемы зачистки оснастки от ржавчины

Конкурентные преимущества аппаратов лазерной очистки металла над традиционными методами обработки металла:

- эффективное удаление всего спектра минеральных, органических загрязнений (от ржавчины до полимерной изоляции);

- очистка без контакта и без механического воздействия на основную поверхность металла;

- высокая скорость обработки;
- регулируемая глубина снятия;
- возможность очистки плоских и объёмных деталей:

- минимальный уровень шума;
- минимальная спец одежда;
- практически полное отсутствие вредных условий труда.

Далее рассчитаем, сколько средств может сэкономить внедрение лазерной установки для очистки металла на КАЗ им. С.П. Горбунова. Для этого необходимо учитывать множество факторов, связанных с сокра-

щением затрат на материалы, энергопотребление и трудозатраты. Рассмотрим основные направления, с помощью которых лазерная технология способна снизить расходы, а затем проведём расчёты.

Потенциальные области экономии завода при внедрении лазерной очистки металла вместо пескоструйной:

1. Экономия на расходных материалах:

Пескоструйная очистка требует регулярной закупки абразивных материалов (песок, гранитная крошка, шлаковая смесь). В среднем затраты составляют до 1 млн. рублей в год. В то время, как расходные материалы у лазерной очистки практически отсутствуют, так как лазер использует энергию и минимально нуждается в замене оптических компонентов. Ожидаемая экономия – до 95% на расходных материалах.

2. Снижение трудозатрат:

Пескоструйная очистка требует 2-3 сотрудников на установку, включая оператора и

вспомогательный персонал, для управления и обслуживания оборудования. Лазерная очистка требует только 1 оператора, так как процесс полностью автоматизирован. Уменьшение численности сотрудников на данной операции позволяет сократить расходы на оплату труда на 30-50%.

3. Сокращение затрат на очистку и утилизацию отходов:

Пескоструйная очистка генерирует значительное количество отходов (отработанный абразив, пыль, загрязнённые остатки), которые необходимо собирать и утилизировать в соответствии с экологическими стандартами. Затраты на утилизацию могут достигать 500 000 рублей в год. Лазерная очистка не производит отходов, так как весь процесс обработки идёт без использования физических абразивов. Экономия на утилизации отходов – до 100%.

4. Сокращение времени очистки:

Средняя скорость обработки у пескоструйной очистки составляет 2500-3000 см²/мин. Это увеличивает время на очистку больших площадей, особенно при сложной геометрии. У лазерной очистки скорость обработки – 4 980 см²/мин, что сокращает время на выполнение операций в среднем в 1,5-2 раза, снижая расходы на электричество, рабочие часы и время простоя.

5. Снижение энергозатрат:

Для пескоструйной очистки используется сжатый воздух, для подачи которого требуются мощные компрессоры, потребляющие значительное количество электроэнергии. Лазерная очистка потребляет меньше электроэнергии, так как не требует работы компрессора. Экономия может составить до 20-30% на энергозатратах.

6. Уменьшение затрат на ремонт и обслуживание:

Использование пескоструйной очистки предполагает частую замену компонентов (форсунки, фильтры, шланги) из-за их интенсивного износа в агрессивной среде. Компоненты лазерной установки требуют минимального технического обслуживания и имеют более длительный срок службы. Экономия на обслуживании может составить до 50%.

7. Повышение качества и снижение брака:

Пескоструйная очистка менее точна, что увеличивает риск повреждения обрабатываемой

поверхности и повышает количество брака. Лазерная очистка обеспечивает высокую точность и равномерность обработки, что снижает вероятность брака и затрат на переделку. Экономия за счёт снижения брака может достигать 5-10% стоимости производства.

В общем и целом, суммарная экономия от внедрения технологии лазерной очистки металла может включать:

1. Уменьшение расходов на материалы и утилизацию: до 1 500 000 рублей в год.

2. Сокращение трудозатрат: до 30% от расходов на персонал.

3. Снижение энергозатрат: до 20-30%.

4. Уменьшение затрат на ремонт и обслуживание: до 50%.

5. Сокращение брака и повышение качества: до 5-10% от общего объёма производства.

Лазерная технология создаёт возможность значительно повысить производительность, улучшить экологические показатели завода и снизить затраты на всех этапах производственного процесса.

Примерный расчет экономии от внедрения лазерной очистки металла в год:

1. Текущие траты на расходные материалы: 1 000 000 руб.

Экономия: 1 000 000 руб. * 95 % = 950 000 руб./год.

2. Текущие трудозатраты:

При пескоструйной очистке средняя численность персонала: 3 человека. Средняя зарплата: 60 000 руб./мес. Годовые затраты составляют 2 160 000 руб./год.

Для лазерной очистки требуется 1 оператор. Средняя зарплата: 70 000 руб./мес. Годовые затраты составляют 840 000 руб./год. Экономия: 2 160 000 руб. – 840 000 руб. = 1 320 000 руб./год.

3. Сокращение затрат на утилизацию отходов. Текущие отходы составляют около 40 тонн/год. Утилизация: 10 000 руб./тонна. Годовые затраты: 40 × 10 000 = 400 000 руб./год. При лазерной очистке отходы отсутствуют. Экономия: 400 000 руб./год.

4. Сокращение времени очистки:

4.1. Пескоструйная очистка: Скорость: 2 750 см²/мин. Очистка 1 000 м² = 364 666 мин. Трудоемкость работ в год: 6 078 н/ч. Трудозатраты: 6 078 × 300 руб./час = 1 823 400 руб./год.

4.2. Лазерная очистка: Скорость: 4 980 см²/мин. Очистка 1 000 м² = 200 803 мин. (3 347 часов). Трудоемкость работ в год: 3 347 н/ч. Трудозатраты: 3 347 × 300 руб./час = 1 004 100 руб./год.

Экономия: 1 823 400 руб. – 1 004 100 руб. = 819 300 руб./год.

5. Снижение энергозатрат:

5.1. Пескоструйная очистка:

Компрессор потребляет 25 кВт/час, работа 8 часов/день, 250 дней/год = 50 000 кВт/год. Стоимость электроэнергии: 50 000 кВт/год × 5 руб./кВт = 250 000 руб./год;

5.2. Лазерная очистка:

Потребление лазера: 10 кВт/час, работа 8 часов/день, 250 дней/год = 20 000 кВт/год. Стоимость электроэнергии: 20 000 кВт/год × 5 руб./кВт = 100 000 руб./год;

Экономия: 250 000 руб. - 100 000 руб. = 150 000 руб./год.

Таким образом, внедрение лазерной установки для очистки металла на предприятии КАЗ им. С.П. Горбунова может позволить сэкономить приблизительно 3 640 000 рублей в год за счёт повышения эффективности технологических процессов и оптимизации затрат на очистку. Основные причины такой экономии связаны с уменьшением расхода материалов, снижением энергопотребления и трудозатрат, а также повышением скорости и качества обработки металлов.

Создание сметы для проекта внедрения технологии лазерной очистки на предприятии – это важный этап, который позволяет оценить все возможные расходы. Проект может включать в себя различные аспекты, такие как разработки программного обеспечения, обучение персонала, оборудование и т.д. Рассмотрим структуру сметы для проекта (табл. 1).

Таблица 1. Смета расходов на реализацию

№ п/п	Наименование статьи расходов	Подробности	Сумма, руб.
1	Лазерное оборудование		2 330 000
1.1	Стоимость лазерной установки	Лазерное оборудование Light CLEAN	2 130 000
1.2	Доставка и монтаж оборудования	Транспортировка и установка оборудования	40 000
1.3	Первоначальное обслуживание	Контракт на техническое обслуживание	160 000
2	Затраты на труд		870 000
2.1	Оплата труда сотрудников	1 оператора (70 000 руб./мес.)	840 000
2.2	Премии за внедрение проекта	Выплаты за успешную реализацию проекта	30 000
3	Расходные материалы		67 500
3.1	Сопутствующие материалы	Защитные покрытия, очки, фильтры	30 000
3.2	Энергопотребление	Расходы на электричество	37 500
4	Прочие затраты		185 000
4.1	Непредвиденные расходы	Возможные затраты на ремонт и устранение неисправностей	125 000
4.2	Обеспечение безопасности	Установка защитных экранов, систем пожаротушения	60 000
5	Обучение персонала		50 000
5.1	Курсы для операторов	Обучение работе с лазерным оборудованием Light CLEAN	25 000
5.2	Обучение техперсонала	Программа по обслуживанию оборудования	25 000
Итого			3 502 500

Далее рассмотрим текущие затраты на предприятии (табл. 2).

Таблица 2. Текущие (постоянные) затраты в период реализации (в месяц)

№ п/п	Наименование статей затрат	Итого, руб.
1	Расходные материалы	5 000
2	Дополнительное обучение	10 000
3	Коммунальные услуги	5 000
4	Зарплата оператора	70 000
5	Зарплата куратора проекта	35 000
6	Прочие расходы	5 000
Итого		130 000

В связи с этим рассмотрим основные статьи расчета точки безубыточности (табл. 3).

Таблица 3. Основные статьи расчета точки безубыточности

Год/квартал	2025				2026	2027	2028
	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.			
Разработка и внедрение	3 502 500	-	-	-	-	-	-
Текущие затраты, тыс. руб.	-	390	390	390	1560	1560	1560
Доходы (экономия), тыс. руб.	-	910	910	910	3640	3640	3640
Дисконтированные доходы, тыс. руб.	-3502,5	-2982,5	-2462,5	-1942,5	-1422,5	137,5	1697,5

Таким образом, срок окупаемости проекта составляет 3 года, начиная с третьего квартала 2027 года, что делает данный проект инвестиционно-выгодным и эффективным для предприятия КАЗ им С.П. Горбунова.

На основании таблицы построим график расходов, доходов и окупаемости проекта (рис. 2).

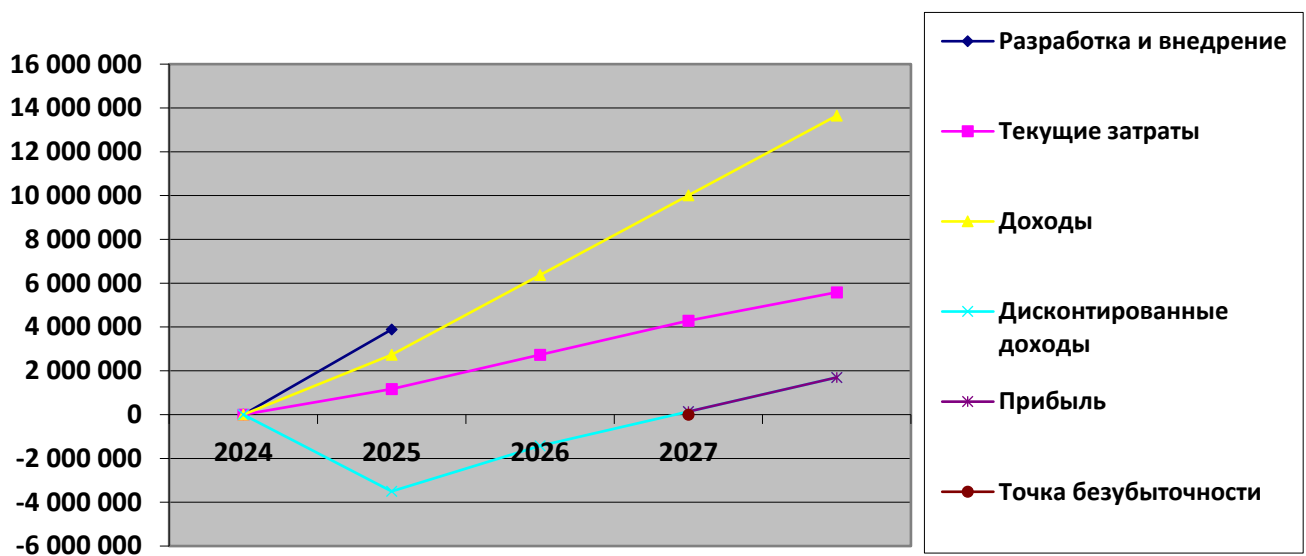


Рис. 2. График финансовых затрат на разработку, внедрение и окупаемость

Ко всему прочему, у рассмотренного лазерного оборудования есть возможность подключения к программам мониторинга работы оборудования, например, к Winnum, что делает его еще более привлекательным, если у предприятия стоит задача повысить эффективность производства и автоматизировать процессы управления.

Winnum – это современная система автоматизации и управления производственными процессами, специально разработанная для интеграции с промышленным оборудованием. Она отличается от стандартных программ типа Desktop (используется в настоящий момент на КАЗ им С.П. Горбунова), ориентированных на локальное управление, за счёт своей гибкости, масштабируемости и возможностей в режиме реального времени.

Преимущества Winnum над Desktop:

1. Облачное управление и доступ:

Winnum работает на облачной платформе, что позволяет управлять оборудованием удалённо, отслеживать его состояние и контролировать процессы из любой точки.

2. Интеграция с современным оборудованием:

Программа легко адаптируется к различным типам устройств, в том числе лазерным установкам, обеспечивая синхронизацию и оптимизацию их работы.

3. Реальный мониторинг и аналитика:

В отличие от Desktop, который ограничен локальной обработкой данных, Winnum предоставляет отчёты и аналитику в реальном времени, что помогает быстро реагировать на изменения.

4. Масштабируемость:

Система подходит как для управления одним устройством, так и для комплексного контроля большого производства.

Эффективность, рассмотренной технологии лазерной очистки металла, повышается при интеграции с Winnum, благодаря синхронизации данных, автоматизации отдельных операций, увеличение срока службы оборудования.

Внедрение программы Winnum и её подключение к лазерному оборудованию Light CLEAN позволит промышленному предприятию:

- Ускорить производственные процессы.
- Снизить затраты на обслуживание оборудования и материалы.
- Повысить качество продукции за счёт точной настройки лазера.

- Улучшить управление производством, делая его более гибким и прозрачным.

Таким образом, внедрение лазерной технологии способствует снижению эксплуатационных затрат, включая затраты на расходные материалы, обслуживание оборудования и утилизацию отходов. Кроме того, технология обеспечивает гибкость и адаптивность, позволяя обрабатывать металлы с различными типами загрязнений и покрытиями. Это делает её универсальным инструментом для применения в таких секторах, как машиностроение, авиация, судостроение и другие высокотехнологичные отрасли. Благодаря высокой скорости обработки и интеграции с системами автоматизации, лазерная очистка также открывает возможности для повышения производительности и оптимизации рабочих процессов.

Библиографический список

1. Баранчев В.П. Управление инновациями: учебник для вузов / В.П. Баранчев, Н.П. Масленникова, В.М. Мишин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 724 с.
2. Иванов, В.Н. Производственный менеджмент: учебное пособие / В.Н. Иванов, Д.В. Рудаков. – Омск: ОмГТУ, 2022. – 121 с.
3. Валеев Р.Р. Total Quality management как современный метод реинтеграции операций и знаний информационного менеджмента / Р.Р. Валеев // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 5-2(92). – С. 139-142. – DOI 10.24412/2500-1000-2024-5-2-139-142. – EDN UXCPMA.
4. Трутнева А.А. Экономические детерминанты мониторинга сетевых производственных процессов для принятия управленческих решений / А.А. Трутнева, Г.Ф. Мингалеев, М.Ф. Сафаргалиев // Управление устойчивым развитием. – 2021. – № 3(34). – С. 30-36. – EDN LLSBTM.

INTRODUCTION OF NEW TECHNOLOGIES AND SYSTEMS TO SHORTEN THE PRODUCTION CYCLE OF METALWORKING IN INDUSTRIAL ENTERPRISES

V.R. Fokin, Student

A.A. Pankova, Senior Lecturer

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI
(Russia, Kazan)

Abstract. The article is devoted to the assessment of the economic and environmental efficiency of the introduction and application of new technologies to reduce the production cycle of metalworking in industrial enterprises. The implementation of new technologies involves the use of modern laser installations adapted to the requirements of the enterprise, and the integration of an automated control system to ensure a high level of productivity and reduce the production cycle, using the example of the S.P. Gorbunov KAZ aviation Industrial Enterprise.

Keywords: laser equipment, metalworking, ecology, efficiency, mobility, production cycle, information system.