

УДК 658.5

DOI: 10.26456/2219-1453/2025.3.231–244

Оптимизация бизнес-процессов предприятий машиностроения на базе модернизированной системы управления производством (MES)

В.П. Кузнецов, Е.В. Лаврентьева

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет
им. Козьмы Минина», г. Нижний Новгород

На этапе неуклонного развития цифровых технологий производства на высокотехнологичных предприятиях города Нижнего Новгорода особую значимость и актуальность приобретает оптимизация и автоматизация бизнес-процессов, являющаяся необходимым условием обеспечения конкурентоспособности и динамичного развития высокотехнологичных предприятий машиностроения. Целью статьи является исследование проблем развития высокотехнологичных предприятий машиностроения в условиях санкций и выработка комплекса организационно-экономических и структурно-технологических мероприятий по увеличению производительности труда и качества продукции на базе многоуровневой оптимизации и автоматизации производства. В статье проанализирована статистика промышленного производства за период с 2024 по первое полугодие 2025 гг. в условиях турбулентной экономики и увеличения эскалации военного конфликта со стороны недружественных стран и США. На основе полученных выводов установлены некоторые признаки рецессии в секторе машиностроения, существенное отставание по производительности труда и степени автоматизации производственных процессов. Для снижения негативного воздействия изложенных выше позиций в статье предложена методика многоуровневой оптимизации организационных структур бизнес-процессов предприятий машиностроения на основе модернизации существующих систем управления производством (MES-систем). Научная новизна предложенного в статье исследования представлена в двух аспектах, а именно: 1) трансформация общепринятого понятия многоуровневой оптимизации и рассмотрение её как осуществление оптимизирующих процедур на трёх уровнях оргструктуры предприятия (управленческий и технологические сегменты); 2) новая концепция функционала (MES-системы).

Ключевые слова: бизнес-процессы, импортозамещение, технологический сегмент, допуск, организационная структура, контрольная операция, технологический процесс, трудоёмкость, многоуровневая оптимизация, высокотехнологичное производство, цифровой двойник, система управления производством, модернизация.

Введение. Промышленные предприятия отраслей экономики РФ, в конце 2024 г. и в начале следующего 2025 г., испытывают предельное напряжение в силу резко обострившейся экономико-политической ситуации

в стране, характеризующейся возросшим санкционным давлением со стороны недружественных стран и США, продолжающейся специальной военной операции и другими критически важными рисками. Данная реальность особенно негативно сказывается на предприятиях машиностроения как в государственных корпорациях «Ростех», «Роскосмос» и «Росатом», так и в высокотехнологичных предприятиях регионального уровня, являющимися базой в выпуске продукции двойного назначения в аспекте выполнения Государственного оборонного заказа и повышения его социально-экономического статуса. Основной задачей предприятий машиностроения на 2025 г. является существенное увеличение объёмов выпуска продукции двойного назначения не менее чем на 30 % от достигнутых показателей 2024 г. Анализируя динамику промышленного производства и его тренды можно установить следующие обобщения, изложенные в табл. 1.

Таблица 1

Основные показатели промышленного производства РФ
в компаративном сравнении

№	Показатели, цифры, тренды.	Примечания
1.	Темпы роста промышленного производства в 2025 г. по данным Минэкономразвития существенно замедлятся. Данная динамика особенно присуща обрабатывающим производствам, основу которых составляют предприятия машиностроения, выпускающими продукцию двойного назначения	Замедление до 0,2 %
2.	Объём промышленного производства по данным ЦМАКП возрос только на 0,6 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года	Рост 0,6 %
3.	Объём импортируемой продукции по данным НИУ ВШЭ уменьшился, но при этом остаётся высоким в отрасли машиностроения	Уменьшение с 52 % в 2020 г до 38 % в 2024 г
4.	Импортозамещение возросло на 36 % предприятий по сравнению с 2023 г.	Падение на 12 % в 1 пол. 2025 г
5.	По итогам 2024 г., по данным минэкономразвития, производительность труда вырастет незначительно и в дальнейшем не будет снижаться.	Рост 3,3 %

По данным ЦМАКП в мае 2024 г. в промышленности фиксируется скачок объемов производства – прирост на 2,6 % относительно предыдущего месяца. По оценке Росстата, более высокий месячный прирост наблюдался лишь в июле 2020 г. В результате, объем среднесуточного производства вышел на рекордный уровень, наблюдавшийся в декабре 2024 г.

Однако, говорить о формировании полноценной тенденции роста не приходится. По нашей оценке, около 2/3 майского прироста обусловлено резким скачком выпуска в секторах с доминирующим присутствием продукции ОПК. А оставшаяся часть прироста – всплеском производства в цветной металлургии. В целом же по остальным отраслям объем среднесуточного выпуска в мае значимо не изменился.

Следует добавить, что стагнация среднесуточного выпуска в остальных секторах была «поддержана» календарным фактором – аномально низким числом рабочих дней в мае, что, по нашей оценке,

завысило среднесуточный выпуск примерно на 0,8 проц. п. Именно этим объясняется сильный прирост объемов производства с устранением сезонного и календарного факторов при практически полном отсутствии увеличения выпуска аналогично соответствующего периода прошлого года (СППГ): 101,8 % в мае после 101,5 % в апреле.

Без учета секторов с доминирующим присутствием продукции ОПК индекс СППГ в мае оценивается в 98,3 % [12].

Основным выводом из представленного компаративного анализа является наличие существенных трудностей в выполнении гособоронзаказа предприятиями машиностроения, фактора зависимости отрасли машиностроения от импорта технологий и технологического оборудования и низкой производительности труда. При этом следует заметить, что процесс импортозамещения шёл в основном за счёт поиска новых поставщиков. Кроме того, наблюдается недостаток в инновационных экономико-технологических решениях с использованием методов оптимизации, реинжиниринга и прорывных технологий в области цифровизации и автоматизации производственных процессов, что в совокупности накладывает определённые ограничения в достижении технологического суверенитета страны.

Отдельно, и что особенно важно, необходимо отметить существенное отставание нашей страны по показателям производительности труда. Так, по данным международной организации труда (МОП) за период 2023–2024 гг. в формате восьми стран Россия занимала 58 место по показателю часовой выработки в долларах, рассчитанным на основе паритета покупательной способности валют [9]. И если такие системные факторы как технологическое перевооружение, строительство новых производственных мощностей, запуск новых бизнес-циклов и инвестиционная активность в достаточной степени актуализированы и успешно выполняются, то внутренние резервы бизнес-процессов высокотехнологичных предприятий машиностроения используются далеко не полностью и бессистемно, что требует оптимизации их бизнес-процессов и модернизации автоматизированных систем управления производством (MES-систем).

Приведённые выводы тесно коррелируются с основными посылами прошедшего в июне 2025 г. международного экономического форума, в которых в качестве основы заложены требования к исключению дублирования во всех сферах производства и к повышению производительности труда в промышленном сегменте экономики на основе цифровых платформ и новых моделей управления, а также осуществлению сквозной модернизации промышленных мощностей на основе широкой автоматизации.

Целью исследования, изложенного в настоящей статье, является разработка организационно – экономических и структурно-технологических мероприятий по оптимизации бизнес-процессов высокотехнологичных предприятий Нижнего Новгорода на базе модернизации автоматизированной системы управления производственными процессами.

Основной задачей является повышение производительности труда на высокотехнологичных предприятиях машиностроения региона.

Гипотеза исследования: для развития высокотехнологичного сектора машиностроения и снижения трудоёмкости производства необходимо разрешение ряда локальных и системных проблем, заключающихся в определённых сложностях интеграции внешних цифровых устройств с результатами многоуровневой оптимизации бизнес-процессов (цифровых двойников) в систему управления производством (MES-систему).

Методы. Модели. По мнению авторов статьи, необходимо определиться с объектом исследования, изложенного в статье. Зачастую приходится слышать мнения о том, что высокотехнологичным может считаться предприятие, имеющее в технологическом процессе станки с ЧПУ, робототехнику, системы активного автоматизированного контроля и другие нововведения. От обычной технологии высокотехнологичная сфера отличается прежде всего большим процентом наукоёмкости, т.е. наличием НИОКР, фундаментальных и прикладных разработок, используемых в производстве. Другими важными факторами, тормозящими развитие высоких технологий на производстве, является недостаток квалифицированных кадров для работы в высокотехнологичном секторе, не высокий уровень коммерциализации результатов НИОКР, а также низкая кооперация между предприятиями и научными, в том числе образовательными учреждениями. Понятия высокотехнологичность, наукоёмкость и инновации напрямую связаны с производительностью труда, как полагает д.э.н. И.В. Смирнова в своих публикациях. Так статье И.В. Смирновой говорится, что «...производительность труда зависит от создания экономических условий для разработки и внедрения инновационных технологий в целях преодоления критической зависимости от импортных поставок программных и аппаратных средств вычислительной техники» [10]. Исходя из вышеприведённого, в настоящей статье в качестве объекта выбраны высокотехнологичные предприятия группы «ГАЗ» Нижнего Новгорода. Предприятие АО «Нижегородские грузовые автомобили», выпускает грузовые автомобили «Валдай-45» с 2023 г. Предприятие завод дизельных двигателей АО «НГА», выпускает дизельные двигатели с 2024 г. Оба предприятия функционируют на основе конвейерного производства с автоматизированной системой управления (MES-системой).

В качестве организационно-экономических методов для разработки мероприятий по увеличению производительности труда выбрана многоуровневая оптимизация организационных структур бизнес-процессов вышеуказанных предприятий в виде комплекса методик оптимизации, включающих:

– методику оптимизации организационной структуры бизнес-процессов предприятия машиностроения, отличительной особенностью и научной новизной которой является применение метода дихотомии всего функционала оргструктуры предприятия на совокупность пар функций с последующим сравнением степени их совпадений по критериям функциональной близости и затрат. Процесс оптимизации осуществляется

на основе матричных моделей с реализацией оптимизационной процедуры целочисленным линейным программированием на базе цифровой трансформации процедуры с построением цифрового двойника в системе автоматического управления производственными процессами (MES-система). Представленные разработки первого уровня оптимизации позволяют устранить противоречия и дублирование функций и в значительной степени повышают оперативность реагирования на негативные проявления различной природы, что в итоге приводит к снижению затрат предприятия и повышению качества продукции [6, 7].

В канонической форме процедура оптимизации функций (органоструктуры) на основе матричного моделирования выглядит следующим образом.

$$M = \sum_{g=1}^n \sum_{p=1}^m L_{gp} \forall_{gp}, \rightarrow MIN \quad (1)$$

где

M – совокупные издержки на выполнение всего функционала;

L_{gp} – издержки на исполнение определённого вида функции.

А также ограничение по затратам вида:

$$\sum_{g=1}^n L_g \forall_{gp} \leq [L_p], \quad (2)$$

Ограничение приведённого вида обозначает, что затраты на реализацию всего функционала не должны превышать установленных затрат.

– методику оптимизации допусков на параметры изделий, представляющую второй уровень оптимизации организационной структуры предприятия. Научная новизна подхода заключается в совместном использовании физического имитационного моделирования и целочисленного линейного программирования при реализации оптимизационной процедуры с применением ограничений в виде допустимой точности, надёжности и себестоимости в системе цифровой трансформации. Данная процедура позволяет назначить оптимальные уровни допусков и избежать излишнего их ужесточения, что позволяет работу на отечественном станочном оборудовании и повысить импортозамещение [5, 7].

В канонической форме процедура оптимизации допусков на параметры изделия методом целочисленного линейного программирования выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} A_{11}P_1 + A_{12}P_2 + A_{13}P_3 &> R \\ A_{21}P_1 + A_{22}P_2 + A_{23}P_3 &\leq C \\ A_{31}P_1 + A_{32}P_2 + A_{33}P_3 &\leq A \end{aligned} \quad (3)$$

где

P_i – i -тый параметр изделия (допуск на неточность изготовления);

A_{ij} – матричные коэффициенты;

R – ограничение по надёжности (вероятность безотказной работы);

C – ограничение по затратам (себестоимость);

A – ограничение по точности (погрешность изготовления).

Реализация процедуры методом Крамера (Гаусса) в цифровом формате позволяет получить оптимальные значения уровней допусков на параметры изделия.

– методику оптимизации размещения операций технического контроля по технологическому процессу, представляющую третий уровень оптимизации организационной структуры предприятия. Научная новизна подхода заключается в установлении оптимального количества контрольных операций на основе целочисленного линейного программирования в системе цифровой трансформации с ограничениями в виде допустимой вероятности брака и трудоёмкости [6].

В канонической форме процедура определения оптимального числа операций технического контроля выглядит в форме целевой функции вида:

$$C_{\Sigma} = T_1^n \sum_{i=1}^2 V_i + K_1^{n-1}, \quad (4)$$

где

C_{Σ} – суммарные затраты;

T_1^n – затраты на технологические операции;

K_1^{n-1} – затраты на контрольные операции;

V_i – ограничения по браку.

Реализация оптимизационной процедуры происходит методом целочисленного линейного программирования.

Примечание. матричные модели и модели целочисленного линейного программирования легко реализуемы в цифровой трансформации (цифровые двойники).

В качестве структурно-технологических методов для разработки мероприятий по увеличению производительности труда на базе многоуровневой оптимизации и автоматизации, представлена разработка модернизации системы управления производством (MES-системы), применяющейся на указанных выше высокотехнологичных предприятия машиностроения Нижнего Новгорода.

Практика функционирования высокотехнологичных предприятий машиностроения региона показала, что в результате воздействия таких разноректорных причин и ситуаций как перераспределение целей, корректировка стратегий, аккумуляция системных ошибок в бизнес-процессах, несоответствие процессно-ориентированного управления современным задачам, смена владельцев бизнес-процесса и многих других возникает необходимость в оптимизации организационных структур предприятий и их технико-экономических сегментов [8]. При этом оптимизация бизнес-процессов рассматривается как приведение оргструктуры предприятия на всех уровнях к максимально-эффективным экономическим показателям трудоёмкости труда [5, 11]. Как соотносится производительность труда с инновациями в аспекте оптимизации и модернизации установлено в различных исследованиях. Дело в том, что результаты описанной выше многоуровневой оптимизации при всех их значимости обладают определённой мерой статичности, заключающейся в

том, что практически очень сложно динамично с минимально возможным временным лагом перенаправить их в систему управления производством (MES-систему). Таким образом задача исследования, приведённой в настоящей статье, сводится к представлению результатов многоуровневой оптимизации бизнес-процессов предприятия машиностроения в MES-систему управления производством.

MES (Manufacturing Execution Systems) впервые были разработаны в 1990-х гг. для промышленных предприятий с целью автоматизированного мониторинга и управления производственными процессами. Основными функциями системы являются:

1. Мониторинг показателей хода производственного процесса. Осуществление календарного планирования с целью уменьшения технологического цикла и повышения производительности труда.

2. Автоматическое управление потоками информации с контрольных постов технологического процесса с целью уменьшения время на документационный оборот, повышения производительности и эффективности управления производством.

3. Управление качеством. Обеспечение установленного уровня качества выпускаемой продукции и соответствия стандартам качества.

4. Управление техническим обслуживанием. Обеспечение сроков выполнения ремонта оборудования, предотвращение возникновения аварийных ситуаций.

5. Управление запасами и технологическими заделами. MES-системы отслеживают и оптимизируют распределение ресурсов с целью минимизации производственных затрат.

6. Отчётность и анализ. Предоставление данных о производственной деятельности, осуществление анализа течения производственных процессов с целью выявления узких мест производства и принятия управленческих решений.

MES (Manufacturing Execution Systems) реализует управление процессом, представляя производство как сложную динамичную систему, обеспечивающую непрерывное взаимодействие между управляющим компьютером и различными устройствами и блоками на производстве (подразделения, работы, цеха, технологическое и контрольное оборудование, склады и т.д.). Архитектура системы представляется сложной структурой слоёв (рис. 3).

Результаты и обсуждения. Исходя из вышеизложенного, сущностью MES – системы (manufacturingexecutionsystem-система оперативного управления производством) по существу является бизнес-процессное управление, при котором осуществляется систематический анализ и последовательное улучшение ключевых параметров бизнес-процессов установленного качества. При этом представленная процедура реализуется электронным блоком программного комплекса, в функции которого входит решение задач по оперативному внутрифирменному планированию и оперативному управлению производственным процессом. В отличие от функционально-ориентированного подхода, при котором управление базируется на выполнении общего функционала

подразделениями предприятия, что приводит к дискретности управленческого процесса, в процессно-ориентированном подходе осуществляется управление бизнес-процессами со своими входо-выходными характеристиками [1, 2, 3, 8].

В табл. 2 представлены этапы реализации бизнес-процессного управления, осуществляемого MES – системой (рис. 3).

Таблица 2

Этапы бизнес-процессного подхода к управлению предприятием

№	Этапы бизнес-процессного управления	Примечания. Сущность. Слои системы
1.	Определение, формулирование и классификация бизнес-процессов	Идентификация. Управляющий слой (УС)
2.	Установление ответственных исполнителей и ресурсного обеспечения для каждого подпроцесса через устройства согласования	Фиксация состояния производства. Интерфейсный слой (ИС)
3.	Анализ и исследование текущего состояния подпроцесса	Анализ: Формат AS-IS – «как есть». (УУ)
4.	Нахождение идеального варианта, путём осуществления оптимизационной процедуры. Принятие решения	Установление варианта To be «как должно быть» (УУ)
5.	Формулирование и внедрение изменений с ограничением по риску. Взаимодействие с оборудованием и датчиками	Changes Изменения. (УУУ)
6.	Осуществление постоянного наблюдения за процессом с целью принятия управленческого решения о завершения процесса	Мониторинг (УУУ+УУ)

В целях осуществления оптимизационных мероприятий, обозначенных в настоящей статье, была разработана совокупность опций структурно-технологического характера, позволяющая направить результаты многоуровневой оптимизации бизнес-процессов, представленных в виде цифровых двойников с соответствующими интерфейсами на каждом уровне оптимизации, что, в сущности, и представляет операцию интеграции результатов оптимизации бизнес-процессов в систему управления производством (MES-систему). При этом осуществляется непрерывная коррекция работы системы при различного рода внешних вызовах и изменений.

В настоящей статье оперируется понятие цифровой двойник. В соответствии с ГОСТ Р 57700.37-2021 цифровой двойник (ЦД) объекта исследования – специальная система, включающая цифровую модель объекта исследования с двусторонними информационными связями с ним (интерфейсами). ЦД представляет собой виртуальную модель (математическую, физическую, электронную, имитационную и т.д.) объекта исследования, где анализируются данные, поступающие из различных по виду и составу информационных систем (компараторов, датчиков, сенсоров и т.д.) в автоматическом режиме. Задачей ЦД является установления критических значений объекта исследования или его части, выходящих за пределы регулирования для принятия решения и направление информации в систему управления производством (MES-

систему). Применительно к задачам настоящего исследования ролью ЦД является предоставление результатов многоуровневой оптимизации в дискретном режиме в упомянутую систему. Объектами ЦД могут быть как физические компоненты и различного рода процессы, так и организационные структуры бизнес-процессов предприятий [13, 14].

MES-система, описанная в статье и применяемая на данных предприятиях обладает существенными особенностями:

- система разработана в КНР и поставляется на предприятия согласно контракту;

- алгоритм и ПО системы обуславливает выполнение конкретных задач автоматизированного управления производством конвейерного типа и не предназначена на выполнение задач трёхуровневой оптимизации, этим и объясняется эффект так называемой «защитости» системы.

В сущности функции ЦД могла бы выполнить сама MYS-система, но её функционал имеет существенное ограничение, заключающееся в том, что введение данных назначается ERP-системой полного внутрифирменного планирования, контролирующей весь цикл производства, а MES-система использует эти данные без изменения, что создаёт эффект её «защитости», т.е. определённой трудности интеграции с другими устройствами, в том числе с ЦД [13, 14]. В связи с этим существует два пути осуществления оптимизации функционирования объекта в дискретном режиме:

- «перепрошивка» системы, т.е. её перепрограммирование, что вносит существенные искажения в виде потери данных;

- создание системы адаптации в виде ЦД и согласующего аналого-цифрового устройства. (В данном аспекте речь идёт о системе MES, находящейся в распоряжении предприятия).

В настоящей статье выбран второй путь. В качестве примера на рисунках 1, 2, 3, 4 графически представлена работа цифрового двойника «оптимизация допускового контроля» в комплексе с согласующим устройством в системе целочисленного программирования в виде соответствующего алгоритма, модели и слоёв архитектуры MES-системы. В статье «MES-системы на предприятии» приведена информация о существенных положительных аспектах системы при её внедрении: повышение эффективности производства на 20–30% [13].

На рис. 1 представлены этапы трёхуровневой оптимизации, реализованные в следующих цифровых двойниках:

- цифровой двойник оптимизации первого уровня бизнес-процессов предприятия;

- цифровой двойник оптимизации второго уровня бизнес-процессов предприятия;

- цифровой двойник оптимизации третьего уровня бизнес-процессов предприятия.

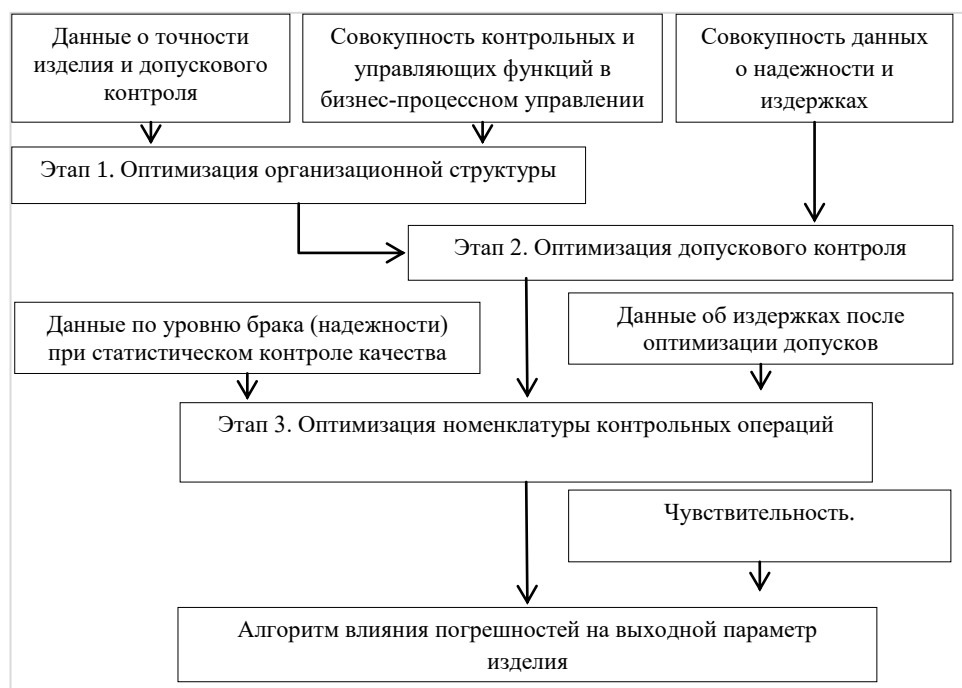


Рис. 1. Схема процедур трёхуровневой оптимизации бизнес-процессов

Далее приведено содержание цифровых двойников, а также основные слои архитектуры MES-системы.

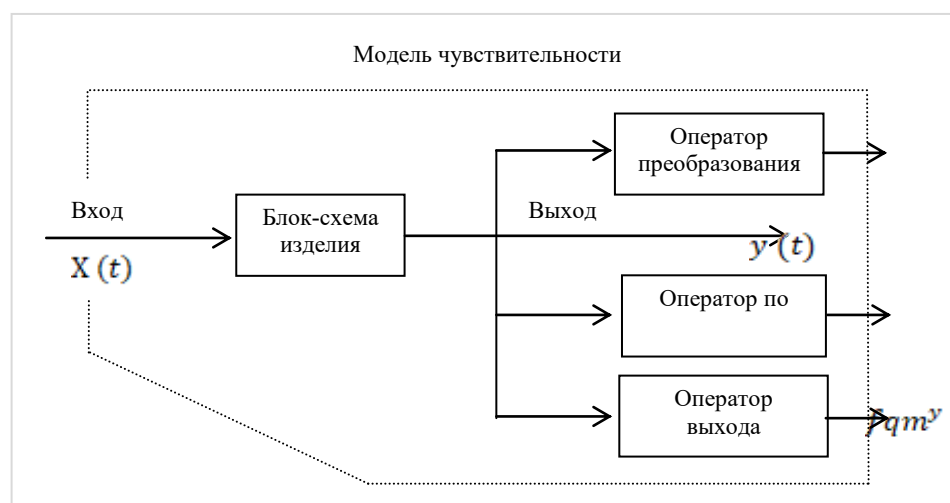


Рис. 2. Блок-схема интеграции цифрового устройства «двойника» в блок ввода информации системы управления производством (MES-систему) с помощью соответствующих интерфейсов

На рис. 3 представлена основные слои архитектуры MES-системы.

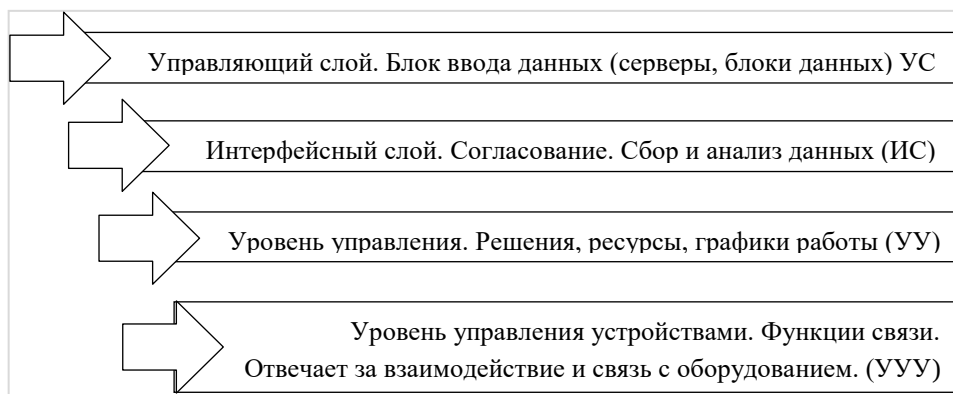


Рис. 3. Слои архитектура MES-систем

На рис. 4 представлены основные виды цифровых двойников в исследовании.

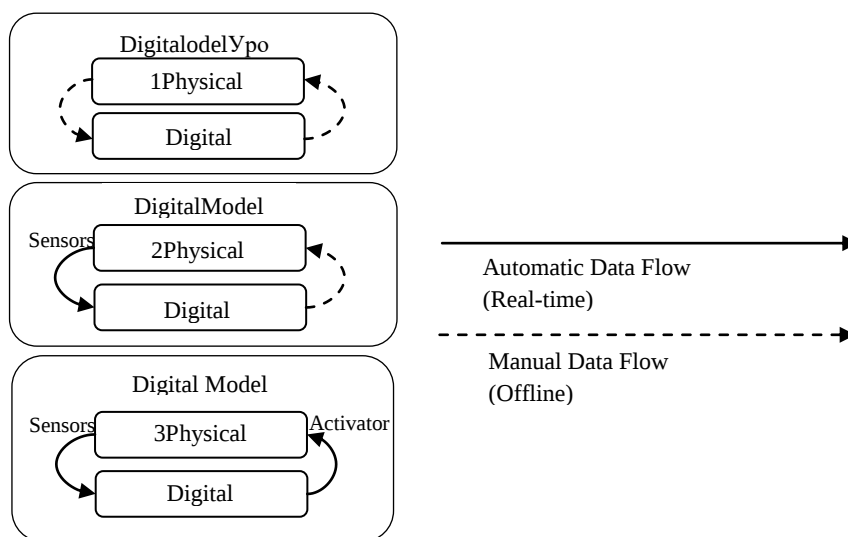


Рис. 4. Цифровой двойник

На рисунке изображены:

1. Цифровой двойник оптимизации первого уровня бизнес-процессов предприятия, где данные организационной структуры сегмента управления в виде физической матричной модели преобразуются в цифровую модель и далее поступают в блок ввода MES-системы.

2. Цифровой двойник оптимизации второго уровня бизнес-процессов предприятия, где данные допускового контроля в виде физической модели целочисленного линейного программирования преобразуются в цифровую модель и далее поступают в блок ввода MES-системы [4].

3. Цифровой двойник оптимизации третьего уровня бизнес-процессов предприятия, где данные размещения операций технического контроля по технологическому процессу в виде физической модели целочисленного линейного программирования преобразуются в цифровую модель и далее поступают в блок ввода MES-системы.

Потоки информации могут быть непосредственно в режиме автоматической или ручной передачи данных [8]. Электронные блоки и программные документы в формате данной статьи не приводятся.

Заключение

В статье «оптимизация бизнес-процессов предприятий машиностроения на базе модернизированной системы управления производством (MES-системы)» был предложен комплекс организационно-экономических и структурно-технологических мероприятий инновационного характера.

В целях повышения экономической эффективности высокотехнологичных предприятий машиностроения и увеличения производительности труда в статье проанализированы основные факторы и риски, оказывающие негативное влияние этому процессу, проведено исследование и предложена концепция совмещения многоуровневой оптимизации бизнес-процессов и системы автоматизированного управления производством (MES-системы).

В формате исследования в концептуальном плане разработано и предложено цифровое устройство, позволяющее в дискретном режиме осуществлять трансмиссию цифровых данных от одного устройства к другому в среде «точка-точка», «точка-несколько точек» или «несколько точек-несколько точек» путём трёх видов цифровых двойников.

В результате сокращения времени принятия решений по итогам трёхуровневой оптимизации бизнес-процессов повышается производительность труда и экономическая безопасность процесса. Так на сайте LeanTech говорится, что по усреднённым данным внедрение в производство MES-систем позволяет повысить эффективность производства на 20–30%, снизить издержки на 10–15 % и увеличит точность выпускаемой продукции на 25–30 %. [13]. Внедрение модернизированной системы изменит приведённые показатели в сторону увеличения. Таким образом можно сделать вывод о том, что гипотеза, установленная в статье, подтверждается.

Научную новизну предложенного в статье исследования следует рассматривать в двух аспектах, а именно:

- трансформация общепринятого понятия многоуровневой оптимизации и рассмотрение её как осуществление оптимизирующих процедур на трёх уровнях оргструктуры предприятия (управленческий и технологические сегменты);
- новая концепция функционала (MES-системы).

Список литературы

1. Аглицкий И.С., Самолдин А.Н., Сусов Р.В. Экономические аспекты оптимизации бизнес-процессов функционирования коммерческой организаций // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. 2014. №13. С. 27–31.
2. Гилев А.В., Ермоленко Е.В. Экономический механизм управления бизнес-процессами предприятий машиностроительного комплекса: категориально-понятийный подход // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2011. №11 (103). С. 61–64.

3. Ивановский Р.И. Прикладные аспекты теории чувствительности / Информатика. Телекоммуникации. Управление // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2011. 6–1. С. 102–110.
4. Козлова Е.А. Совершенствование системы допускового контроля НООО контроля на ООО «УДМЗ» // Журнал стандартизация и метрология. 2017. № 7.
5. Лаврентьева Е.В. Многоуровневая оптимизация бизнес-процессов технологического сегмента предприятий машиностроения в социально-экономическом аспекте // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. Новочеркасск, 2025 г. Т. 18. №3 С. 63–75.
6. Лейбкин А.Р., Рудник Б.Л. Моделирование организационных структур (классификационный подход). Изд. «НАУКА» – М.: 2001 – 143 с.
7. Наугольнова И.А. Основы процессного подхода к управлению затратами на промышленных предприятиях // Экономика, предпринимательство и право. 2020. № 3. С. 753–762.
8. Сергеева К.Н. Проблемы развития высокотехнологичного сектора в современных условиях и пути их решения // Вестник Евразийской науки 2023. Том 15. №2.— URL: <https://esj.today/PDF/82ECVN223.pdf> (дата обращения: 30.04.2025).
9. Смирнова И.В. Оценка эффективности национального проекта «Производительность труда» Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и Экологический менеджмент. 2024. №2. С. 117–125.
10. Суворова С.Д., Мозговая А.П. Оптимизация бизнес-процессов: современное состояние исследований и проблемы практической реализации // Прогрессивная экономика. 2023. С. 64–89.
11. Шполянская А.А. Высокотехнологичные отрасли: определение и условия развития. Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2015. № 22 (102). С. 518–522. URL: <https://moluch.ru/archive/102/22775/> (дата обращения: 30.04.2025).
12. Центр макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования. О динамике промышленного производства в мае 2025.
13. <http://www.Lean Tech> «MES-системы на предприятиях: зачем нужны и как внедрить в процессы. 2023. IT Lean tech.ai.
14. <http://www.Stepanovd.com>.

Об авторах:

КУЗНЕЦОВ Виктор Павлович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики предприятия, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет им. Козьмы Минина (603005, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 1), e-mail: kuznecov-vp@mail.ru; ORCID: 0000-0003-2039-6826, Spin-код: 7072-7385.

ЛАВРЕНТЬЕВА Елена Валентиновна – аспирант, кафедра экономики предприятия, факультет управления и социально-технических сервисов, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина» (603005, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 1), e-mail: lenalav.tv@yandex.ru, ORCID: 0009-0003-6526-2714, SPIN-код: 4139-0175

Optimization of business processes of mechanical engineering enterprises based on a modernized production management system (MES)

V.P. Kuznetsov, E.V. Lavrentieva

FGBOU VO “Novgorod State Pedagogical University named after K. Minina”,
Nizhny Novgorod

At the stage of steady development of digital production technologies at high-tech enterprises of Nizhny Novgorod, optimization and automation of business processes, which is a necessary condition for ensuring competitiveness and dynamic development of high-tech mechanical engineering enterprises, acquires special significance and relevance. The article analyzes industrial production statistics for the period 2024 - the first half of 2025 in the context of a turbulent economy and an increase in the escalation of the military conflict on the part of unfriendly countries and the United States. Based on the findings, some signs of a recession in the mechanical engineering sector, a significant lag in labor productivity and the degree of automation of production processes were established. To reduce the negative impact of the above positions, the article proposes a methodology for multi-level optimization of organizational structures of business processes of mechanical engineering enterprises based on the modernization of existing production management systems (MES systems). The purpose of the article is to study the problems of development of high-tech mechanical engineering enterprises under sanctions and to develop a set of economic and technological measures to increase labor productivity based on end-to-end optimization and automation of production.

Keywords: *business processes, import substitution, technological segment, admission, organizational structure, control operation, technological process, import substitution, high-tech production, digital twin, production management system, modernization.*

About authors:

KUZNETSOV Viktor Pavlovich – Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Enterprise Economics, Faculty of Management and Social and Technical Services, FGBOU VO “Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University”, 603000, Nizhny Novgorod Region, Nizhny Novgorod, Russia, e-mail: kuznecov_vp@mail.ru.

LAVRENTIEVA Elena Valentinovna – graduate student of the Department of Enterprise Economics, Faculty of Management and Social and Technical Services, FGBOU VO “Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University”, 603000, Nizhny Novgorod Region, Nizhny Novgorod, Russia, e-mail: lenalav.tv@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 12.10.2025 г.

Статья подписана в печать 15.10.2025 г.