

УДК 332.1:338.45:338.24+330.4

DOI 10.5281/zenodo.17849733

**ПОЛШКОВ Юлиан Николаевич<sup>1</sup>,**  
**МАЕВСКИЙ Андрей Игоревич<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», ул. Университетская, 24, Донецк, Россия, 283001

## **РЕГИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА УРОВНЯ РАЗВИТИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ НА ОСНОВЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

В исследовании проведены диагностические процедуры относительно уровня развития бизнес-процессов в машиностроительной отрасли промышленности. Диагностика концептуально опирается на теоретический фундамент формирования высокотехнологичных сегментов национальной экономики в регионах Российской Федерации.

Научно-практическую основу диагностических процедур составляют метод финансово-экономического анализа, метод квазимаксимального правдоподобия и мультипликативно-динамическая модель построения прогнозов значений производственно-сбытовых характеристик компаний отечественного машиностроения.

Диагностика показала, что уровень развития бизнес-процессов в машиностроительной отрасли и успешность их реинжиниринга определяется темпами изменения объёма инвестиций в основной капитал крупных предприятий машиностроения, изменения доходов хозяйствующих субъектов от применения индустриальных технологий критического и сквозного характера, а также отношением к среднероссийскому значению удельного веса отрасли в стоимости валового внутреннего продукта.

Диагностические процедуры осуществлены в отношении подотрасли железнодорожного машиностроения, авиастроительной подотрасли и подотрасли судостроения. Выполненная диагностика позволила определить, что наиболее перспективными направлениями роста эффективности управления развитием бизнес-процессов в перечисленных подотраслях отечественного машиностроения являются стимулирование спроса и формирование предложения на инновационную продукцию профильных предприятий внутри страны, чему способствуют рекомендуемые мероприятия.

Итоги диагностики уровня развития бизнес-процессов во всей машиностроительной отрасли опираются на динамику изменений объёма выпуска высокотехнологичных изделий с оценкой вероятности реализации трёх сценариев – инновационного (оптимистичного), целевого (базового) и стагнационного (пессимистичного). Для этих потребностей сформирована адекватная кибернетическая система с блоком управления развитием бизнес-процессов в отечественном машиностроении, учитывающая концентрацию высокотехнологичных производств обрабатывающей промышленности на территории регионов России и факторы рисков. Во избежание реализации нежелательного стагнационного сценария предложены рекомендации по нивелированию угроз экономической деятельности предприятий машиностроительной отрасли.

**Ключевые слова:** экономика, отрасль, регион, промышленность, машиностроение, диагностика, бизнес-процесс, развитие, кибернетика, модель, прогноз, система, метод, анализ, технология.

**Введение.** Проблематика оценки и повышения эффективности управления развитием бизнес-процессов в машиностроении заслуживает пристального внимания учёных и практиков. Причиной тому является непреложный факт, что промышленное машиностроение в значительной мере формирует фондосоздающий сектор национальной экономики, выпуская для большинства отраслей средства производства.

В сложившихся условиях международных санкций, поиска путей импортозамещения и обретения технологического суверенитета машиностроительная отрасль играет роль «экономического локомотива» для промышленности, сельского хозяйства и сферы услуг Российской Федерации. При этом отечественное машиностроение в значительной мере определяет индустриально-инновационный облик экономик регионов России, что дополнительно актуализирует научно-практические проблемы, поднятые авторами данной статьи.

Теоретические, методические и практические аспекты управления развитием бизнес-процессов машиностроительного профиля нашли отражение в работах ряда исследователей.

Занимаясь анализом инновационных технологий в машиностроительной отрасли, Н.А. Дубровина [1] совершенствует инструментарий расширения производственно-бытовой деятельности профильных предприятий за счёт оптимизации налогообложения, стимулирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), снижения налога на прибыль от результатов нововнедренческой деятельности, отмены взносов в венчурные фонды. В развитие идей работы [1] предлагается добавить инструменты поэтапного роста коэффициента списания затрат на НИОКР в себестоимости продукции машиностроительных компаний.

Коллектив авторов статьи [2], в составе К.С. Еленева, Т.Б. Малковой, С.А. Кудряшова и В.О. Хандусенко, разработал подход к построению прогнозов потребностей в специальном оборудовании предприятий отечественного машиностроения. В силу масштабности объёмов предполагаемых затрат этими исследователями обоснована необходимость господдержки. По нашему мнению, ключевые условия предоставления государством льгот такого рода заключаются в необходимости формирования у отечественных научно-исследовательских институтов (НИИ), высших учебных заведений (ВУЗов) и конструкторских бюро портфеля заказов на интеллектуальные продукты, как технологической направленности, так и по улучшению администрирования системы управления финансово-хозяйственной деятельностью машиностроительных компаний.

Рост уровня высокотехнологичности предприятий отрасли машиностроения С.В. Орехова и А.В. Мисюра [3] увязывают с трансформациями бизнес-моделей и движением по пути оптимистичного сценария внедрения инноваций в российской промышленности. Предлагаемый этими учёными комплекс мероприятий состоит из урегулирования правоотношений, возникающих по поводу приобретения продуктов интеллектуальной деятельности, упрощения трансфера отечественных патентов и изобретений. Не оспаривая мнения авторов работы [3], добавим необходимость снятия барьеров в хозяйственных отношениях ВУЗов и НИИ с коммерческим сектором, что должно происходить на фоне неукоснительного соблюдения авторских прав изобретателей и рационализаторов.

Представляет интерес разработанная А.В. Шумкиным [4] факторная модель, которая позволяет оценивать эффективность бизнес-процессов, протекающих на высокотехнологичных машиностроительных производствах. Предлагается также [4] усовершенствовать налоговые инструменты развития бизнес-процессов в отечественном машиностроении, которые продуцируют льготы при выполнении договоров венчурного инвестирования с отложенным налогообложением. Отдавая должное полученным

результатам [4], авторы данной статьи рекомендуют установление экспериментального правового режима по технологическим инновациям в производстве машин и оборудования, особо важных для российской экономики.

Заслуживает внимания экосистемный взгляд Дж.Дж. Феррейра и А.А.К. Тейксейра [5] на управление развитием бизнес-процессов в машиностроении разных стран. На наш взгляд, российские реалии в настоящее время далеки от совершенства, а межведомственный обмен интеллектуальными продуктами нуждается в упрощении и повышении прозрачности процедур их купли-продажи с решением возможных споров собственности арбитражными судами. При этом проблемы повышения эффективности управления развитием бизнес-процессов в отечественном машиностроении связаны с качеством менеджмента материальных и др. активов (интеллектуальных продуктов, опытных образцов, испытательных стендов и т.п.), созданных при исследованиях и разработках на средства госзаказа.

Математико-инжиниринговому моделированию бизнес-процессов в машиностроительной отрасли посвятили свою работу Ч.-Ч. Сан и К.-Л. Чанг [6]. В зарубежном понимании внутриотраслевая конкуренция определяется степенью инновационности профильных предприятий и долей их производственных мощностей, прошедших этапы технологического обновления. Экстраполируя сказанное на почву национальной экономики, подчеркнём, что монополизация рынков находится под контролем Правительства России, которое законодательно поддерживает частную инициативу.

Детальный анализ результатов, полученных в публикациях [1 – 6], открывает горизонты дальнейших исследований в области проблем оценивания и повышения эффективности управления развитием бизнес-процессов в машиностроительной отрасли. Помимо этого, недостаточно проработаны инструменты анализа состояния бизнес-процессов, как всего машиностроения, так и его подотраслей, с позиций их участия в хозяйственных комплексах российских регионов.

Здесь не нужно ограничиваться только методом финансово-экономического анализа. В этой связи не исчерпан потенциал теории случайных функций.

Научная новизна работы характеризуется перспективностью попытки диагностировать уровень развития бизнес-процессов в машиностроительной отрасли промышленности с помощью кибернетических систем моделирования производственно-сбытовых реалий профильных компаний.

Выдвинем исследовательскую гипотезу о том, что состояние сектора обрабатывающей промышленности в регионах Российской Федерации существенно влияет на стоимостную динамику выпуска высокотехнологичной изделий, производимых предприятиями промышленного и потребительского машиностроения.

Цель работы состоит в осуществлении диагностики уровня развития бизнес-процессов машиностроительного профиля с позиций степени концентрации высокотехнологичных производств обрабатывающей промышленности на территории регионов России. Достижение сформулированного целеполагания лежит в задачах расширения функционала кибернетических систем моделирования экономической деятельности сектора отечественного машиностроения и формировании перспективных направлений развития бизнес-процессов в диагностируемой отрасли.

**Материалы и методы.** Решение задач, обусловленных целью исследования, а также подтверждение непротиворечивости выдвинутой гипотезы, основано на систематизации материалов законодательных инициатив Правительства России [7-10], количественной обработке статистических материалов открытого доступа [11-17], а также критическом осмыслении научно-практических материалов, содержащихся в статьях [1-6].

Для оценки состояния бизнес-процессов в отечественном машиностроении и его подотраслях использован метод финансово-экономического анализа [4]. Разработка мультипликативно-динамической модели построения прогнозов значений производственно-сбытовых характеристик машиностроительных компаний выполнена с помощью метода квазикасимального правдоподобия [18]. Этот же метод [18] применён при формировании адекватной кибернетической системы управления развитием бизнес-процессов в машиностроительной отрасли Российской Федерации.

**Результаты.** Двигаясь от частного к общему, осуществим диагностику уровня развития бизнес-процессов в подотрасли железнодорожного машиностроения, авиастроительной подотрасли, а также подотрасли судостроения. Это позволит распространить диагностические процедуры до масштабов всей машиностроительной отрасли промышленности.

Осуществим финансово-экономический анализ [4] состояния бизнес-процессов в подотрасли железнодорожного машиностроения. Железнодорожные локомотивы, подвижной состав и др. профильную продукцию выпускают более трёхсот российских предприятий.

Аналитика показала наличие региональной концентрации высокотехнологичных производственных мощностей железнодорожного машиностроения. Предприятия-драйверы подотрасли территориально представлены в основном Уральским, Сибирским, Приволжским, Центральным и Северо-Западными федеральными округами [9].

Производство железнодорожных машин и оборудования достигло своего пика по итогам 2019 года. В то время отечественный рынок пополнился более 75 тыс. грузовыми вагонами и др. изделиями, после чего начался заметный потребительский спад. Вследствие этого имело место ежегодное снижение на несколько процентов численности персонала предприятий железнодорожного машиностроения при общем количестве работников трудовых коллективов более 160 тыс. человек [12].

Для строгого научного обоснования полученных здесь и далее по тексту практических результатов следует более подробно остановиться на методе квазикасимального правдоподобия, который позволяет оценивать параметры управления кибернетическими системами экономического толка. На чёткий фундамент теории стохастики упомянутый метод впервые был поставлен в работах выдающегося донецкого математика-вероятностника Б.В. Бондарева [18] и трудах его учеников.

Используя эмпирический материал отдельных подотраслей и всей отрасли машиностроения [9], с целью прогнозирования изменений объёмов производства [12] и других показателей разработана авторская мультипликативно-динамическая модель:

$$\begin{cases} M_t = L_t \cdot S_t \cdot \delta_t; \\ L_t = a \cdot t + b; \\ S_t = |\sin(a \cdot t + b) + \cos(a \cdot t + b)|; \\ \delta_t \sim \text{LogN}(0, 1); \\ t = 1, 2, \dots, T. \end{cases} \quad (1)$$

Формула (1) содержит переменную времени  $t$ , предельный временной период прогнозирования  $T$ , неизвестные числовые параметры  $a$  и  $b$ , которые оцениваются с помощью метода квазикасимального правдоподобия [18].

Первое уравнение системы (1) является результирующим тождеством, второе – трендовая составляющая, третье – периодическая компонента бизнес-процессов

подотрасли/отрасли. Четвёртое выражение в модели (1) описывает стохастический мультипликатор  $\delta_t$ , который соответствует логнормальному закону распределения вероятностей [18].

Система (1) позволяет строить прогнозы по показателям реализации бизнес-процессов на шесть лет вперёд и с более дальним горизонтом.

Как показывает практика, ключевые вопросы экономической деятельности решаются компаниями подотрасли железнодорожного машиностроения путём заключения контрактов с ОАО «Российские железные дороги». Благодаря такому заказчику-гиганту, можно формировать бюджет предприятий, с большой долей предсказуемости инвестируя протекающие бизнес-процессы.

Объёмы планируемых закупок в 2024 году, 2030 году и 2035 году зафиксированы в «Сводной стратегии» [9], что в табл. 1 отмечено полужирным шрифтом. Более детальное ежегодное прогнозирование осуществим с помощью разработанной модели (1) и поместим результаты в табл. 1.

Таблица 1. Величины потребления приоритетной продукции железнодорожного машиностроения в России\*

Год	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Магистральные электровозы, шт.	<b>337</b>	351	375	392	412	421
Магистральные тепловозы, секции	<b>257</b>	269	283	295	303	308
Маневровые/промышленные тепловозы, шт.	<b>293</b>	302	314	324	335	351
Пассажирские вагоны, шт.	<b>1500</b>	1560	1640	1707	1776	1848
Грузовые вагоны, шт.	<b>52800</b>	54900	57000	59100	61200	63300
Год	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Магистральные электровозы, шт.	<b>425</b>	430	436	442	447	<b>450</b>
Магистральные тепловозы, секции	<b>310</b>	316	319	321	323	<b>325</b>
Маневровые/промышленные тепловозы, шт.	<b>370</b>	377	381	382	384	<b>390</b>
Пассажирские вагоны, шт.	<b>1900</b>	1910	1915	1954	1982	<b>2000</b>
Грузовые вагоны, шт.	<b>66500</b>	67000	68100	68900	69500	<b>70000</b>

\*авторский прогноз с помощью модели (1) по данным [9; 12]

Несмотря на достаточно благоприятный прогноз ежегодного роста в среднем более 2% (табл. 1), анализируемая подотрасль нуждается в технологическом обновлении. При этом залоговая интеллектуальная собственность может создавать предпосылки к расширению имеющихся институтов кредитования, что служит совершенствованию инструментов управления развитием бизнес-процессов в железнодорожном машиностроении [7].

Анализируя состояние бизнес-процессов в промышленном и потребительском машиностроении Российской Федерации, перейдём к авиастроительной подотрасли, приоритетные направления развития которой утверждены «Сводной стратегией» [9].

Диагностические процедуры в региональном разрезе показали, что Центральный, Приволжский и Дальневосточный федеральные округа сконцентрировали на своей территории большую часть из более чем двухсот пятидесяти компаний отечественного авиастроения, располагающих высокотехнологичными производственными мощностями.

На предприятиях подотрасли трудятся около 450 тыс. человек.

До ужесточения международных санкций в отношении России удельный вес экспорта колебался между 20% и 25% от общего объёма выпуска. В нынешних условиях ещё больший акцент следует перенести на расширение внутреннего рынка потребления отечественных самолётов и вертолётов гражданского назначения [8].

Необходимо достигнуть мировых эталонов конкурентоспособности изделий индустрии авиастроения, так как всеохватное воздушное сообщение обеспечивает связанность обширных территорий России, безопасность государства и социально-экономическое развитие регионов, удалённых от центра страны.

Рост управляемости бизнес-процессов в авиастроительной подотрасли зависит от степени их встроенности в программы импортозамещения по материалам, компонентам, системам и агрегатам, что особенно важно для разработки, последующих испытаний и сертификации отечественных двигателей к самолётам [9]. Существенно, что по авиационной индустрии реализуется отдельная государственная программа развития [10], показатели которой по базовому сценарию отражены в табл. 2.

**Таблица 2. Объёмы пассажирских авиаперевозок самолётами российского производства, млн. чел.\***

		Год	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Внутри страны	Целевой (базовый) сценарий		92,9	94,7	96,5	98,4	101,4	104,5
	Инновационный (оптимистичный) сценарий		93,8	97,4	99,8	104,8	112,6	115,3
	Стагнационный (пессимистичный) сценарий		92,1	91,3	90,2	88,7	87,1	85,3
За рубежом	Целевой (базовый) сценарий		10,3	10,5	10,7	10,9	11,3	11,6
	Инновационный (оптимистичный) сценарий		10,4	10,7	11,1	11,5	11,9	12,3
	Стагнационный (пессимистичный) сценарий		10,1	9,9	9,7	9,5	9,3	9,2

\*авторский прогноз по оптимистичному и пессимистичному сценариям с помощью модели (1) на основе данных [9; 10].

Базовый сценарий (табл. 2), которому следует «Сводная стратегия» [9], прогнозирует 12%-й прирост объёмов в 2030 году по сравнению с 2025 годом, оптимистичный сценарий – 18 – 23%-й прирост, пессимистичный сценарий – 8 – 9%-е снижение.

Схожая аналитика проделана по доли самолётов отечественного производства в авиапарке российских компаний. Согласно базовому сценарию [9] к 2030 году их удельный вес предположительно составит 81,3%, по оптимистичному – 95,1%, по пессимистичному – 65,9%.

Базовый сценарий развития бизнес-процессов в авиастроительной подотрасли сосредоточен на мероприятиях по стимулированию послепродажного сервиса, повышению спроса на воздушные суда, увеличению доли высокотехнологичного оборудования в производственных мощностях российских авиаконцернов. Пессимистичный сценарий равнозначен тому, чтобы всё оставить так, как есть, фактически ничего не меняя в производственно-сбытовой деятельности авиастроительных предприятий [8].

Огромная площадь внешней и внутренней водной акватории России подчёркивает значимость для государства подотрасли судостроения. Кораблестроительная

промышленность представлена двумя сотнями предприятий, местом расположения которых являются города Санкт-Петербург и Севастополь, Республики Татарстан и Крым, Приморский край, Ленинградская, Архангельская, Мурманская, Калининградская, Астраханская, Нижегородская и Ярославская области [9], отражая региональную концентрацию высокотехнологичных производств.

Ежегодно отечественные кораблестроительные компании производят от восьмидесяти до ста судов для гражданского флота. Более 95% выпущенных кораблей приобретаются или берутся в лизинг российскими предпринимателями, пополняя внутренний рынок. В подотрасли трудятся около 195 тыс. человек.

Производство и продажа кораблей, являющихся штучным продуктом, находятся под влиянием рисков и вызовов. Для отечественного судостроения окончательно прояснилась особая роль [9]:

- ухода с внутреннего рынка зарубежных производителей кораблей и поставщиков комплектующих к ним;
- запретов/ограничений на поставку профильных изделий, судостроительных технологий и пр. оборудования из-за рубежа;
- остановки продления лицензий применительно к иностранному программному обеспечению и системам автоматизации проектно-конструкторских работ;
- прекращения ремонта и сервисного обслуживания кораблей российского гражданского флота в странах, инициировавших международные санкции и присоединившихся к ним;
- неблагоприятной конъюнктуры внешней среды и недостаточной ёмкости внутреннего рынка судостроения.

Развитие бизнес-процессов в подотрасли судостроения зависит от обеспечения проектных работ и серийного выпуска конкурентоспособной продукции. Сегментация профильных рынков влияет на производственно-сбытовую деятельность российских корабелов, а сами суда и пр. техника водных акваторий играют весомую роль в продовольственной и др. видах безопасности государства, социально-экономическом развитии страны и её регионов [9].

Финансово-экономический анализ [4] состояния бизнес-процессов в поотрасли судостроения позволил выявить недостаточный уровень промышленно-технологической независимости профильных производств, расположенных внутри России. Низкие темпы наращивания объёмов выпуска судов гражданского назначения обусловлены научно-техническими, технологическими, промышленными и кадровыми условиями, а реализация имеющихся потенциалов пока не обеспечивает необходимый уровень эффективности управления развитием бизнес-процессов в подотрасли судостроения.

Производство судостроительной промышленности нельзя назвать в полной мере высокотехнологичной и конкурентоспособной. Далек от идеала бизнес-процессы по разработке, внедрению и серийному производству необходимой номенклатуры комплектующих изделий и судового оборудования [8].

России крайне необходим ледокольный флот. Речь идёт о кораблях гидрографического, лоцмейстерского и аварийно-спасательного назначения, способных работать круглогодично во льдах.

Оставляет желать лучшего эффективность маркетингового продвижения продукции отечественного судостроения. Не всегда совершенна логистика ремонтных услуг и сервисного обслуживания кораблей и оборудования водных акваторий [9].

Судовые беспилотные системы автономного судовождения ждут разработки и внедрения. Пока что они существуют только в виде специальных тренажёров.

Ощущается нехватка современных транспортных кораблей, промысловых судов, служебных и вспомогательных кораблей и катеров, судов и плавсредств по освоению

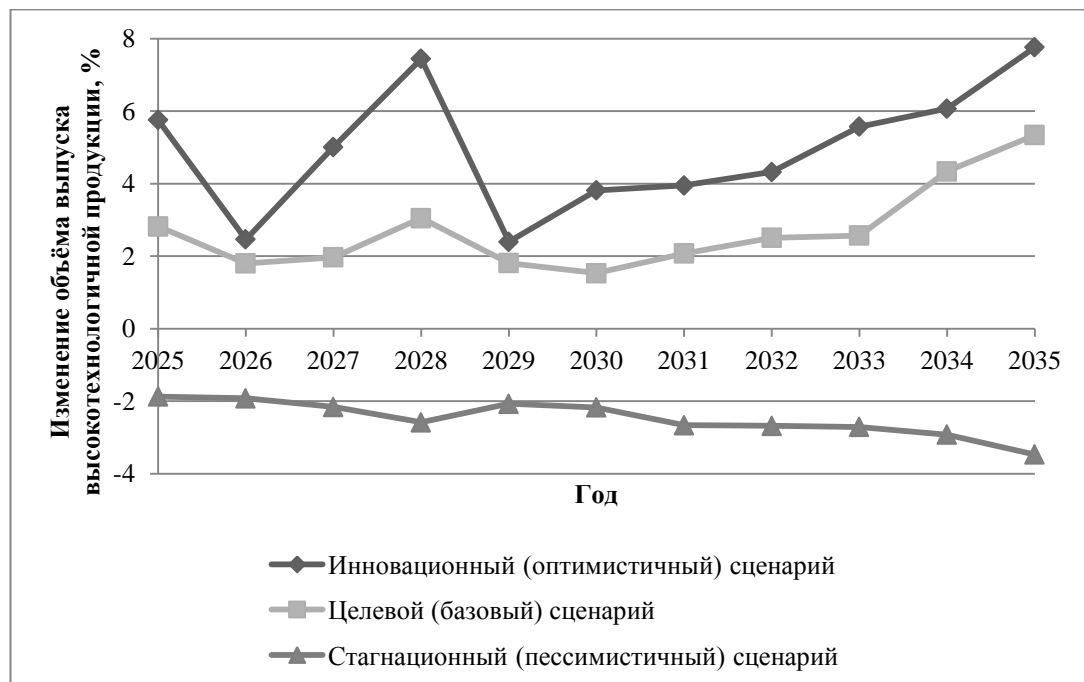
шельфа, кораблей технического назначения, транспортных судов смешанного (океанического, морского, речного и озёрного) плавания. Имеющийся в наличии гражданский флот крайне изношен и зачастую введён в эксплуатацию ещё во времена Советского Союза.

Минпромторг России осуществляет контроль ежегодной потребности в строящихся судах. Их стоимостные параметры только растут, не всегда совпадая с платёжеспособным спросом заказчиков внутри страны.

Эти обстоятельства накладывают свой отпечаток на характер бизнес-процессов в подотрасли судостроения, анализ которых показал необходимость наращивания производственной мощности российских кораблестроительных заводов. Над подотраслью довлеет фактор недостаточной технологизации [7; 8].

Финансово-экономический анализ [4] свидетельствует, что подавляющее число отраслей и подотраслей обрабатывающей промышленности нуждаются в продукции машиностроительной отрасли. Рост экономических показателей всего сектора обрабатывающих индустрий находится в тесной положительной корреляции с характеристиками, определяющими факт достижения результата управляющими воздействиями на развитие бизнес-процессов отечественного машиностроения.

**Обсуждение результатов.** Переходя от частного к общему, продиагностируем уровень развития бизнес-процессов во всей машиностроительной отрасли промышленности. Анализ работ [1-6] и собственные изыскания авторов данной статьи показали, что объективность диагностических процедур более всего определяется динамикой изменений выручки от реализации высокотехнологичных машин и оборудования российского производства (рис. 1).



**Рис. 1. Итоги диагностирования уровня развития бизнес-процессов в машиностроительной отрасли промышленности** (авторское оценивание на основе данных [9; 12; 13; 15] и прогноз согласно модели (1) временного ряда)

Выполненная диагностика позволила определить три возможных сценария развития бизнес-процессов в отечественном машиностроении (рис. 1). Дальнейшие события в реалиях бытия зависят от изменений объёма выпуска высокотехнологичной

продукции по всей совокупности предприятий отрасли.

Эмпирически установлено, что для исследования проблем повышения эффективности управления развитием бизнес-процессов в машиностроительной отрасли промышленности России наиболее подходит кибернетическая система с быстрыми случайными осцилляциями:

$$\begin{aligned} \frac{dX_\varepsilon}{dt} &= u(t, X_\varepsilon, \theta_0) + \sigma(t) \cdot \eta(t/\varepsilon), \\ X_\varepsilon(0) &= x_0. \end{aligned} \quad (2)$$

Выражение (2) – стохастическое дифференциальное уравнение с начальным условием (второе равенство). В левой части дифференциального уравнения (2) расположена скорость развития бизнес-процессов в машиностроении, которая моделируется на основе изменений объёмов выпуска высокотехнологичной продукции (рис. 1). Функция управляющих воздействий  $u(t, X_\varepsilon, \theta_0)$  зависит от переменной времени  $t$ , семейства траекторий отраслевых показателей экономической деятельности  $X_\varepsilon(t)$  и параметра  $\theta_0$ , неизвестная оценка которого определяет эффективность управления развитием бизнес-процессов в отечественном машиностроении.

Кибернетическая система с входом, выходом и «чёрным ящиком» располагает сведениями о концентрации высокотехнологичных производств обрабатывающей промышленности  $\sigma(t)$  на территории регионов Российской Федерации. Общую неопределённость реализации возможных сценариев продуцирует быстроосциллирующая случайная функция  $\eta(t/\varepsilon)$ , удовлетворяющая какому-либо условию слабой зависимости для нормированных интегралов [18]. Характеристика стохастической погрешности  $\varepsilon$  при стабилизации бизнес-процессов приближается к логнормальному распределению вероятностей.

В работе [18] доказано, что решение уравнения (2) нельзя определить в явном виде. Однако его можно экспоненциально приблизить решением квазиреального дифференциального уравнения:

$$\begin{aligned} d\xi_\varepsilon(t) &= u(t, X_0, \theta_0) \cdot dt + \sqrt{\varepsilon} \cdot \sigma(t) \cdot dw(t), \\ \xi_\varepsilon(0) &= x_0. \end{aligned} \quad (3)$$

Весомая часть стохастики синтетической модели (3) формируется хорошо изученным винеровским случайным процессом  $w(t)$ , названным в честь «отца кибернетики», т.е. американского математика Н. Винера [18]. Заметим также, что квазиреальная кибернетическая система (3) включает решение др. уравнения с начальным условием:

$$\begin{aligned} \frac{dX_0}{dt} &= u(t, X_0, \theta_0), \\ X_0(0) &= x_0. \end{aligned} \quad (4)$$

В отличие от (2) и (3) система (4) – обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка. Оно является детерминированным (не содержит случайных величин) и его решение может найдено точно или приближённо [18].

Будем двигаться с конца в начало, т.е. по цепочке решений уравнений (4), (3) и (2). При этом исходная кибернетическая система (2) исследуется при наличии обратной связи между выходом, «чёрным ящиком» и входом. Оценка эффективности управления развитием реальных бизнес-процессов в машиностроительной отрасли промышленности (2) определяется с помощью квазиреальной кибернетической системы (3) и детерминированного уравнения (4).

Оценка квазимаксимального правдоподобия  $\theta_\varepsilon$  доставляет максимум функционалу плотности мер на траекториях решений исходной кибернетической системы (2), что выражается предельным равенством:

$$\max_{\theta \in \Theta} \rho_\varepsilon(X_\varepsilon(\cdot), \theta, \theta_0) = \rho_\varepsilon(X_\varepsilon(\cdot), \theta_\varepsilon, \theta_0). \quad (5)$$

Условие оптимальности (5) содержит множество значений  $\Theta$  параметра эффективности управления развитием бизнес-процессов в отечественном машиностроении. При этом метод квазимаксимального правдоподобия [18] позволяет оценить вероятности реализации того или иного сценария в производственно-сбытовой деятельности предприятий машиностроительной отрасли (табл. 3).

**Таблица 3. Закон распределения вероятностей реализации сценариев развития бизнес-процессов в отечественном машиностроении\***

Случайное событие	Реализован инновационный (оптимистичный) сценарий	Реализован целевой (базовый) сценарий	Реализован стагнационный (пессимистичный) сценарий	Сумма
Вероятность наступления события	0,24	0,49	0,27	1

\*авторская оценка по значениям рис. 1 методом квазимаксимального правдоподобия [18]

Судя по табл. 3, совокупная вероятность реализации целевого (базового) и инновационного (оптимистичного) сценариев составляет 0,73 с надёжностью не менее 95%. Этот позитивный факт непротиворечив и эмпирически подтверждён положительной динамикой изменения объёма выпуска высокотехнологичных машин и оборудования от российских производителей [9].

Региональный характер диагностики уровня развития бизнес-процессов в промышленном и потребительском машиностроении позволяет под др. углом зрения рассмотреть проблемы, поднятые авторами статей [1-6], а их результаты усовершенствованы посредством разработки нового инструментария – кибернетических систем моделирования экономической деятельности машиностроительного профиля.

С помощью количественной и качественной аналитики тенденций изменений объёмов выпуска высокотехнологичной продукции машиностроительной отрасли доказана их тесная зависимость от факторов концентрации высокотехнологичных производственных мощностей обрабатывающей промышленности на территориях российских регионов. Это эмпирически подтверждает непротиворечивость выдвинутой гипотезы исследования.

Не будем исключать возможность протекания бизнес-процессов в машиностроительной отрасли по траектории реализации стагнационного (пессимистичного) сценария (в табл. 3 его вероятность равна 0,24), отчасти сужая границы применяемых методов.

Будущие исследования ждут разработки комплекса противорисковых мероприятий, в которых перспективно задействовать преференциальные режимы для регионов-драйверов отечественного машиностроения, особые правовые режимы функционирования индустриально-технологических центров, оптимизацию льгот инновационным компаниям по количественным и унификационным признакам, долговые и долевыми финансовые инструменты стимулирования быстрорастущих машиностроительных компаний, созданную в течение последних трёх лет инфраструктуру полигонов и испытательных установок для разработки сквозных и критически важных промышленных технологий, принципы льготного инвестирования отраслевых проектов по созданию новых предприятий, строительству экспериментальных площадок и опытных цехов отечественного машиностроения, механизмы долгосрочного бюджетного финансирования масштабных проектов по НИОКР с учётом экономических интересов машиностроительных компаний и выходом на коммерциализацию результатов передачи им прав интеллектуальной собственности от российских изобретателей и рационализаторов.

**Заключение.** Переходя к итогам выполненного исследования, прежде всего, отметим, что заявленная цель достигнута и поставленные задачи решены. Полученные результаты позволяют утверждать о состоявшемся приращении научных знаний в области региональной и отраслевой экономики, а также в сфере математических, статистических и инструментальных методов экономического профиля.

Признакам научной новизны соответствует аналитический инструментарий региональной диагностики уровня развития бизнес-процессов в машиностроительной отрасли с использованием методов финансово-экономического оценивания и квазимаксимального правдоподобия, а также модели динамического прогнозирования показателей производственно-сбытовой деятельности профильных предприятий. Диагностические процедуры опираются на теорию формирования высокотехнологичных секторов отечественной экономики. К разряду главных анализируемых показателей относятся объём инвестиций в основной капитал наиболее крупных компаний отрасли, доходы предприятий отрасли от применения отечественного промышленного хай-тека и удельный вес отрасли в объёме валового внутреннего продукта. Диагностика апробирована с учётом анализа состояния бизнес-процессов в подотраслях железнодорожного машиностроения, авиастроения и судостроения, для совершенствования систем управления которыми рекомендовано создание условий по стимулированию спроса и формированию предложения внутри страны на инновационную продукцию данных индустрий. Вероятности реализации возможных сценариев развития бизнес-процессов во всей машиностроительной отрасли промышленности оценены с позиций динамики изменения объёмов выпуска высокотехнологичной продукции.

### Список литературы

1. Дубровина, Н.А. Инновационные технологии в машиностроении / Н.А. Дубровина // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. – 2021. – Т. 12. – № 1. – С. 108-115. DOI: 10.18287/2542-0461-2021-12-1-108-115.
2. Еленев, К.С. Методический подход к прогнозированию потребности предприятий машиностроения Российской Федерации в металлорежущем и кузнечно-прессовом оборудовании / К.С. Еленев, Т.Б. Малкова, С.А. Кудряшов, В.О. Хандусенко // Экономика высокотехнологичных производств. – 2024. – Том 5. – № 1. – С. 49-70. DOI: 10.18334/evp.5.1.120838.
3. Орехова, С.В. Трансформация бизнес-модели и возрастающая отдача высокотехнологичного предприятия / С.В. Орехова, А.В. Мисюра // Вестник

Челябинского государственного университета. – 2020. – № 6 (440). – Экономические науки. – Вып. 69. – С. 75-85. DOI: 10.47475/1994-2796-2020-10609.

4. Шумкин, А.В. Разработка факторной модели высокотехнологичного машиностроительного производства / А.В. Шумкин // Управление устойчивым развитием. – 2023. – № 3 (46). – С. 23-29. DOI: 10.55421/2499992X\_2023\_3\_23.

5. Ferreira, J.J. Open innovation and knowledge for fostering business ecosystems / J.J. Ferreira, A.A.C. Teixeira // Journal of Innovation & Knowledge. – 2019. – Vol. 4 (4). – P. 253-255. DOI: 10.1016/j.jik.2018.10.002.

6. Sun, Ch.-Ch. Strategic Alliance Pattern Evaluation Model for Taiwan's Machine Tool Industry: A Hierarchical DEMATEL Method / Ch.-Ch. Sun, K.-L. Chang // Mathematical Problems in Engineering. – 2022. – Vol. 2022. – P. 1-20. DOI: 10.1155/2022/5110327.

7. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 октября 2017 года № 1251 «Об утверждении правил господдержки центров Национальной технологической инициативы на базе вузов и научных организаций» [Электронный ресурс] // Правительство России. – URL: <http://government.ru/docs/29707/> (дата обращения: 17.07.2025).

8. Концепция технологического развития на период до 2030 года, утверждённая распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р [Электронный ресурс] // Правительство России. – URL: <http://government.ru/docs/all/147621/> (дата обращения: 18.07.2025).

9. Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 года и на период до 2035 года, утверждённая распоряжением Правительства Российской Федерации от 6 июня 2020 г. № 1512-р (в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 9 сентября 2023 г. № 2436-р) [Электронный ресурс] // Правительство России. – URL: <http://government.ru/docs/49489/> (дата обращения: 18.07.2025).

10. Комплексная программа развития авиационной отрасли Российской Федерации до 2030 года, утверждённая распоряжением Правительства России от 25 июня 2022 г. № 1693-р (в редакции распоряжений Правительства России от 11.03.2023 № 563-р, от 22.08.2023 № 2259-р, от 04.05.2024 № 1102-р) [Электронный ресурс] // Правительство России. – URL: <http://government.ru/docs/all/141773/> (дата обращения: 19.07.2025).

11. Технологическое развитие отраслей экономики Российской Федерации [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики России. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11189> (дата обращения: 20.07.2025).

12. Промышленное производство [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики России. – URL: [https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_industrial](https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial) (дата обращения: 19.07.2025).

13. Ежегодные доклады «Социально-экономическое положение России» [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики России. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/50801> (дата обращения: 20.07.2025).

14. Региональная статистика Российской Федерации [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики России. – URL: [https://rosstat.gov.ru/regional\\_statistics](https://rosstat.gov.ru/regional_statistics) (дата обращения: 21.07.2025).

15. Наука, инновации и технологии [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики России. – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 21.07.2025).

16. Национальные счета [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики России. – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts> (дата обращения: 22.07.2025).

17. Эффективность экономики России [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики России. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11186> (дата обращения: 21.07.2025).

18. Бондарев, Б.В. О неравенстве Колмогорова-Гаека-Реньи для нормированных интегралов от процессов со слабой зависимостью / Б.В. Бондарев // Теория вероятностей и её применения. – 1997. – Т. 42, № 2. – С. 225-238.

---

**Полшков Юлиан Николаевич**, докт. экон. наук, доцент, декан экономического факультета, и.о. зав. кафедрой математики и математических методов в экономике, ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», Донецк, Россия

E-mail: [yu.polshkov@donnu.ru](mailto:yu.polshkov@donnu.ru)

ORCID 0000-0003-2574-5925

**Маевский Андрей Игоревич**, аспирант кафедры математики и математических методов в экономике, ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», Донецк, Россия

E-mail: [a.i.maevskiy@yandex.ru](mailto:a.i.maevskiy@yandex.ru)

ORCID 0009-0001-7415-2061

*Поступила в редакцию 28.07.2025 г.*

UDC 332.1:338.45:338.24+330.4

DOI 10.5281/zenodo.17849733

**POLSHKOV Yulian<sup>1</sup>,**  
**MAYEVSKY Andrey<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Donetsk State University, Universitetskaya str., 24, Donetsk, Russia, 283001

## **REGIONAL DIAGNOSTICS OF THE LEVEL OF DEVELOPMENT OF BUSINESS PROCESSES IN THE MECHANICAL ENGINEERING INDUSTRY BASED ON CYBERNETIC SYSTEMS FOR MODELING ECONOMIC ACTIVITY**

The study conducted diagnostic procedures regarding the level of development of business processes in the mechanical engineering industry. The diagnostics conceptually relies on the theoretical foundation for the formation of high-tech segments of the national economy in the regions of the Russian Federation.

The scientific and practical basis of the diagnostic procedures is formed by the method of financial and economic analysis, the quasi-maximum likelihood method and the multiplicative-dynamic model for constructing forecasts of the values of production and sales characteristics of domestic mechanical engineering companies.

The diagnostics showed that the level of development of business processes in the mechanical engineering industry and the success of their reengineering are determined by the rate of change in the volume of investment in fixed assets of high-tech mechanical engineering enterprises, changes in the income of economic entities from the use of Russian digital technologies, as well as the ratio to the average world value of the share of the industry in the value of the gross domestic product.

Diagnostic procedures were carried out in relation to the railway engineering sub-sector, the aircraft building sub-sector and the shipbuilding sub-sector. The performed diagnostics allowed us to determine that the most promising areas for increasing the efficiency of business process development management in the listed sub-sectors of domestic mechanical engineering are stimulating demand and generating supply for innovative products of specialized enterprises within the country, which is facilitated by the recommended measures.

The results of the diagnostics of the level of business process development in the entire mechanical engineering industry are based on the dynamics of changes in the volume of high-tech products with an assessment of the probability of implementing three scenarios - innovative (optimistic), target (basic) and stagnation (pessimistic). For these needs, an adequate cybernetic system with a block for managing the development of business processes in domestic mechanical engineering has been formed, taking into account the concentration of high-tech manufacturing industries in the regions of Russia and risk factors. In order to avoid the implementation of an undesirable stagnation scenario, recommendations are proposed to mitigate threats to the economic activity of enterprises in the mechanical engineering industry.

**Key words:** *economy, branch, region, industry, mechanical engineering, diagnostics, business process, development, cybernetics, model, forecast, system, method, analysis, technology.*

### **References**

1. Dubrovina, N.A. (2021) [Innovative technologies in mechanical engineering]. *Bulletin of Samara University. Economics and Management = Vestnik Samarskogo universiteta.*

*Ekonomika i upravleniye*. 12 (1), 108–115, doi: 10.18287/2542-0461-2021-12-1-108-115. (In Russian).

2. Elenev, K.S., Malkova, T.B., Kudryashov, S.A. & Khandusenko, V.O. (2024) [Methodological approach to forecasting the needs of mechanical engineering enterprises of the Russian Federation for metal-cutting and forging and pressing equipment]. *Economics of high-tech production = Ekonomika vysokotekhnologichnykh proizvodstv*. 5 (1), 49–70, doi: 10.18334/evp.5.1.120838. (In Russian).

3. Orekhova, S.V. & Misyura, A.V. (2020) [Transformation of the business model and increasing returns of a high-tech enterprise]. *Bulletin of the Chelyabinsk State University. Economic sciences = Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomicheskiye nauki*. 6 (69), 75–85, doi: 10.47475/1994-2796-2020-10609. (In Russian).

4. Shumkin, A.V. (2023) [Development of a factor model of high-tech mechanical engineering production]. *Sustainable Development Management = Upravleniye ustoychivym razvitiyem*. 3 (46), 23–29, doi: 10.55421/2499992X\_2023\_3\_23. (In Russian).

5. Ferreira, J.J. & Teixeira A.A.C. (2019) Open innovation and knowledge for fostering business ecosystems. *Journal of Innovation & Knowledge*. 4 (4), 253–255, doi: 10.1016/j.jik.2018.10.002.

6. Sun, Ch.-Ch. & Chang, K.-L. (2022) Strategic Alliance Pattern Evaluation Model for Taiwan's Machine Tool Industry: A Hierarchical DEMATEL Method. *Mathematical Problems in Engineering*. 2022, 1–20, doi: 10.1155/2022/5110327.

7. Resolution of the Government of the Russian Federation of October 16, 2017 No. 1251 «On approval of the rules for state support for the centers of the National Technological Initiative based on universities and scientific organizations». *Government of Russia = Pravitel'stvo Rossii*. URL: <http://government.ru/docs/29707/> (date of application: 17.07.2025). (In Russian).

8. The concept of technological development for the period up to 2030, approved by the order of the Government of the Russian Federation of May 20, 2023 No. 1315-r. *Government of Russia = Pravitel'stvo Rossii*. URL: <http://government.ru/docs/all/147621/> (date of application: 18.07.2025). (In Russian).

9. Consolidated strategy for the development of the manufacturing industry of the Russian Federation until 2030 and for the period until 2035, approved by the Order of the Government of the Russian Federation of June 6, 2020 No. 1512-r (as amended by the Order of the Government of the Russian Federation of September 9, 2023 No. 2436-r). *Government of Russia = Pravitel'stvo Rossii*. URL: <http://government.ru/docs/49489/> (date of application: 18.07.2025). (In Russian).

10. Comprehensive program for the development of the aviation industry of the Russian Federation until 2030, approved by the Order of the Government of the Russian Federation dated June 25, 2022 No. 1693-r (as amended by the Orders of the Government of the Russian Federation dated March 11, 2023 No. 563-r, dated August 22, 2023 No. 2259-r, dated May 4, 2024 No. 1102-r). *Government of Russia = Pravitel'stvo Rossii*. URL: <http://government.ru/docs/all/141773/> (date of application: 19.07.2025). (In Russian).

11. Technological development of economic sectors of the Russian Federation. *Federal State Statistics Service of Russia = Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki Rossii*. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11189> (date of application: 20.07.2025). (In Russian).

12. Industrial production. *Federal State Statistics Service of Russia = Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki Rossii*. URL: [https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_industrial](https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial) (date of application: 19.07.2025). (In Russian).

13. Annual reports «Socio-economic situation in Russia». *Federal State Statistics Service of Russia = Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki Rossii*. URL:

<https://rosstat.gov.ru/compendium/document/50801> (date of application: 20.07.2025). (In Russian).

14. Regional statistics of the Russian Federation. *Federal State Statistics Service of Russia = Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki Rossii*. URL: [https://rosstat.gov.ru/regional\\_statistics](https://rosstat.gov.ru/regional_statistics) (date of application: 21.07.2025). (In Russian).

15. Science, innovation and technology. *Federal State Statistics Service of Russia = Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki Rossii*. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (date of application: 21.07.2025). (In Russian).

16. National accounts. *Federal State Statistics Service of Russia = Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki Rossii*. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts> (date of application: 22.07.2025). (In Russian).

17. Efficiency of the Russian economy. *Federal State Statistics Service of Russia = Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki Rossii*. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11186> (date of application: 21.07.2025). (In Russian).

18. Bondarev, B.V. (1997) [On the Kolmogorov-Hajek-Renyi inequality for normalized integrals of processes with weak dependence]. *Probability Theory and Its Applications = Teoriya veroyatnostey i yeyo primeneniya*. 42 (2), 225-238. (In Russian).

---

**Polshkov Yulian**, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Economics, Acting Head of the Department of Mathematics and Mathematical Methods in Economics, Donetsk State University, Donetsk, Russia

E-mail: [yu.polshkov@donnu.ru](mailto:yu.polshkov@donnu.ru)

ORCID 0000-0003-2574-5925

**Maevsky Andrey**, Postgraduate Student of the Department of Mathematics and Mathematical Methods in Economics, Donetsk State University, Donetsk, Russia

E-mail: [a.i.maevskiy@yandex.ru](mailto:a.i.maevskiy@yandex.ru)

ORCID 0009-0001-7415-2061

*Received 28.07.2025*