

УДК 33 DOI: 10.14451/1.241.64

## Специфика и тенденции инновационного развития машиностроительного комплекса

© 2024 **Багратуни Сурен Ашотович**

Соискатель кафедры экономики и управления предприятиями и производственными комплексами. Санкт-Петербургский государственный экономический университет.

E-mail: tpscsuren@gmail.com

© 2024 **Карлик Александр Евсеевич**

Доктор экономических наук, профессор. Санкт-Петербургский государственный экономический университет.

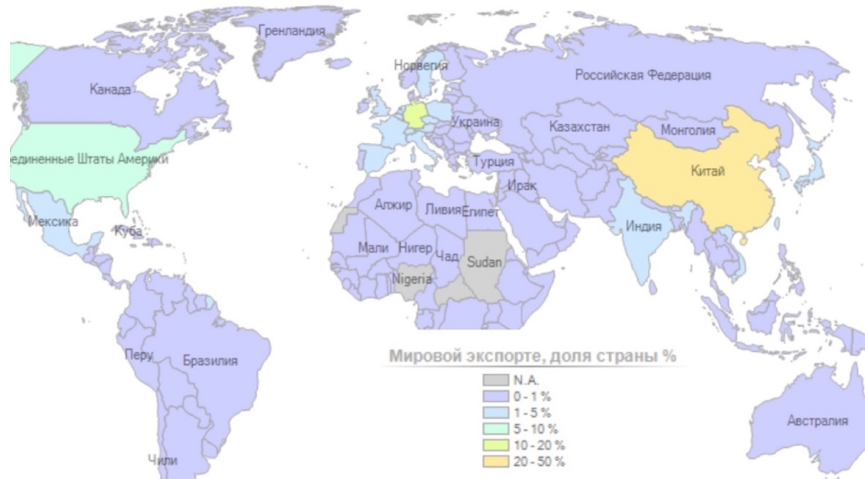
E-mail: karlik1@mail.ru

**Ключевые слова:** инновации, машиностроение, НИОКР, технологическая платформа.

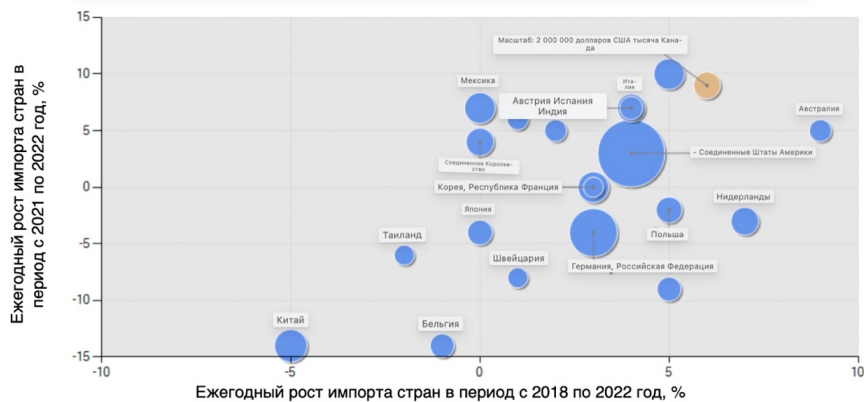
В настоящей публикации авторами сформулированы специфические характеристики и тенденции инновационного развития машиностроения. Выявлены три тенденции (высокая концентрация мирового рынка; глобализация технологических платформ и цифровых двойников; снижение партионности производства) научно-технологического развития и сформулированы организационно-экономические принципы инновационного цикла машиностроения.

Машиностроение, как обобщенное определение, задекларировано в БСЭ [1] как «...комплекс отраслей ... изготавливающих орудия труда для народного хозяйства ... является материальной основой технического перевооружения всего ... хозяйства». Машиностроение является ядром национального экономического роста, построенного на парадигме инновационных драйверов, **интенсивной** модели совершенствования производительных сил и производственных отношений. Это справедливо как в силу значимости вклада добавленной стоимости машиностроения в национальные ВВП, так и силу зависимости других отраслей (потребителей) от уровня моральной новизны машиностроительной продукции. Данное положение солидарно и аксиоматично принимается российскими и за-

рубежными учеными. Машиностроение «...является самой важной отраслью в любой стране, отражая изобилие населения, способность экономики адаптироваться к международному рынку и способность страны идти в ногу с динамичными развивающимися технологиями» [10]. Комплекс относится к «...узловым отраслям ... вокруг которых развиваются и другие периферийные отрасли» [6]. Данный тезис определяет **актуальность** развития научной дискуссии об **экономике инноваций в машиностроении**. Также формулируется как **первая** специфическая характеристика инновационного развития машиностроения – (1) влияние на экономический рост и конкурентоспособность других отраслей национальной экономики. Поиск количественных пропорций «уровня влияния» машиностро-



**Рис. 1.** Пространственная концентрация стран экспортеров продукции машиностроения. Построено на базе [27].



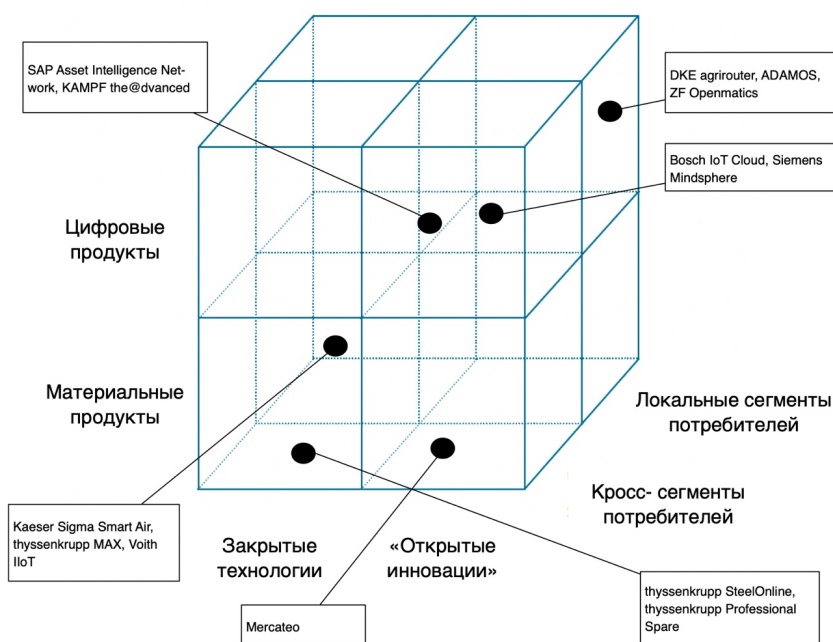
**Рис. 2.** Динамика мирового импорта машиностроительной продукции в краткосрочной и пятилетней ретроспективе. Построено на базе [27].

ения является самостоятельным вопросом научных исследований экономики инноваций, как с позиции мультипликативных эффектов [9], так и применительно к отдельным отраслям (например, в медицине [18]).

**Второй** (солидарно принимаемой – Широков С. С. [8]; Темпель Ю. А., Новикова А. А. [7]; Cucculelli M., Peruzzi V. [15] и др.) специфической характеристикой инновационного развития машиностроения определяется неотделимость «продуктовых» (классификация Руководство Осло) от «процессных» нововведений, связанность которых в инновационном цикле определяется как «технологические». Разработка и постановка на производство нового продукта

всегда обуславливает различной глубины перестройку технологии (пуско-наладочные работы, разработка технологии, создание оснастки и модернизация основных средств), то есть реализуется процессная инновация. Справедливо и обратное: модернизация основных фондов и технологий открывает возможности конструирования (НИР) и постановки на производство (ОКР) продуктовых нововведений. Таким образом, технологические (одновременно реализуемые продуктовые и процессные инновации) имманентны машиностроительному комплексу.

**Третьей** (солидарно принимаемой, см. Празднов Г. С. [5]; Девятина Д. Ш. и др. [2]; Chen X. [12] и др.) специфической характеристикой иннова-



**Рис. 3.** Структурная трехмерная модель VDMA классификации инновационных платформ машиностроения с примерами привязки к классам технологических платформ.

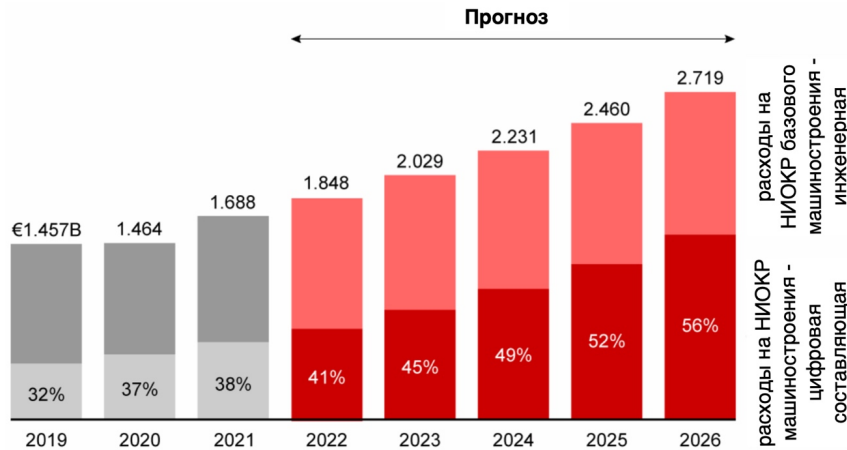
Авторами сохранено англоязычное написание инновационных платформ, поскольку их названия являются именами собственными, торговыми марками разработчиков.

Интерпретировано и привязано кейсами по данным [23].

ционного развития машиностроения является **перманентность инкрементальных** инноваций, на фоне волновой (в интервалах 20–40 лет, см. Copley D. H., Singh C. [14]) – радикальных (пики по Шумпетеру Й.). Первое определяется низкой партионностью (снижение серийности обсуждается далее – в рамках 3-ей тенденции) производственных программ, каждая «партия» требует изменений в технологии и постановки на производство продукта предприятия – суть технологических инноваций (в трактовке Руководства Осло). Непрерывность производства обуславливает перманентность инкрементальных технологических инноваций. В свою очередь радикальные, революционные инновации несут трансформационный характер применительно ко всему мировому машиностроительному комплексу. В настоящее время (с 2016 по 2040 год по отдельным оценкам) машиностроение находится «в потоке» 4-ой промышленной революции (Киричек М. О., Федотов А. В. [4]), основным трансформационным фактором которой являются цифровые технологии. Adeleke A. и др. [26]

сформулировали концепцию комплексного применения новых технологий (цифровые, аддитивные технологии, 3D-печать и другие) в переходе машиностроения на платформу «Индустрии 4.0». Следствием данной характеристики инновационного развития машиностроения является актуальность формирования исследовательского фокуса на экономике **инкрементальных** инноваций.

Итак, авторами формализованы три (солидарно принимаемые) **специфические характеристики инновационного развития** машиностроения: влияние на экономический рост и конкурентоспособность других отраслей национальной экономики; имманентность технологических инноваций; перманентность инкрементальных инноваций. С одной стороны, характеристики формируют фокус и границы теоретического поиска, а с другой – определяют направленность анализа **тенденций** инновационного развития машиностроительного комплекса (раскрываемых ниже).



**Рис. 4.** Расходы на НИОКР мирового машиностроения, 2019–2026 гг. (в миллиардах евро) с разделением на разработки механической и цифровой составляющей технологической инновации. Построено по данным S&P Capital [17].

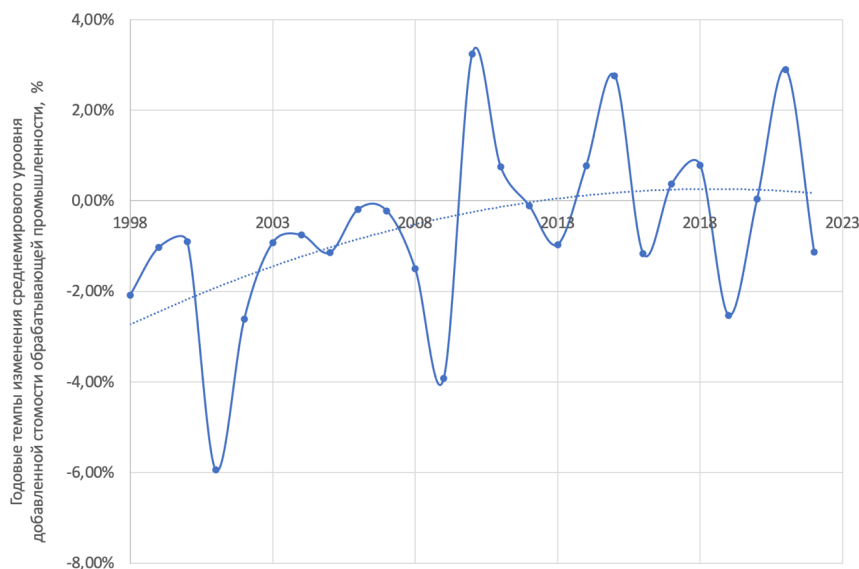
**Тенденция инновационного развития 1:** высокая концентрация мирового рынка машиностроения и центров НИОКР. По оценке эксперта в экономике машиностроения Heimbach J. [20], практически 80% (по доле мирового рынка) глобального производства сконцентрировано в 4 странах: Китай (сохраняющий роль «мировой фабрики») ~30%; США ~15–20%; Япония ~15–20%; Германия ~10–15%. Это согласуется и аргументируется со стороны авторов пространственным распределением стран-экспортеров продукции машиностроения (рис. 1) и динамикой мирового импорта машиностроительной продукции в краткосрочной и пятилетней ретроспективе (рис. 2). Общий объем глобального товарооборота продукции машиностроения составлял 24611 млрд долл. США в 2022 году, при среднегодовом темпе роста 7% (Trade Map<sup>1</sup>). С 2022 года мировой товарооборот продукции машиностроения претерпевает структурные трансформации на основе новых глобальных и региональных факторов. Crawford M. [13] выделяет<sup>2</sup> шесть экономических вызовов глобального машиностроительного комплекса в 2023 году: инфляция, перебои в цепочках поставок, дефицит квалифицированных инженеров, давление со стороны сторонников концепции «устойчивого развития» (потребительский запрос), завышенные ожидания потребителей,

требования перманентности инвестирования в НИОКР (технологии).

В ответ на потребительский запрос моральной новизны продуктов расходы на НИОКР машиностроительных предприятий имеют монотонный рост. В период 2016–2021 года в расходах мирового машиностроительного комплекса наблюдаются структурные изменения (Global Engineering Research & Development [19]): проектирование и НИОКР +23%; себестоимость реализованной продукции +2%; накладные расходы -2%; коммерческие -10%. В валовом выражении мировой рынок НИОКР машиностроения составил 1,5–1,8 триллион долл. США в 2023 году, а прогноз на 2030 год – 2,5–3,3 (по данным Hyderabad Bureau [11]). «...Во время прошлых спадов (экономические кризисы прошлых периодов. – Авторы) рост расходов на НИОКР в машиностроении был более устойчивым, чем рост ВВП» («Engineering and R&D Report 2023» [17]). При этом несмотря на сетевой характер организации цикла проектирования в машиностроении, консолидация мирового рынка НИОКР достаточно высока, по отдельным оценкам в 2022 году (Global Engineering Research & Development [19]) коэффициент концентрации (CR3) составил 37%. Это обусловлено аффилированным характером (внутренние подразделения, дочерние предприятия, консорциумы и др.)

<sup>1</sup>Режим доступа: <https://www.trademap.org/> 2.03.2024.

<sup>2</sup>Представляет обобщенное мнение на тенденции 2023 год «Американского общества инженеров-механиков» (ASME).



**Рис. 5.** Годовые темпы изменения среднемирового уровня добавленной стоимости обрабатывающей промышленности, %. Интерпретировано по данным WB [22].

крупнейших разработчиков с промышленными концернами, формирующими ядро мирового машиностроительного производства. В 2023 году концерн Caterpillar (кейс инвестировал в НИОКР 2,1 млрд долл. США +6,2% к 2022), причем практически 80% этих расходов внутренние, адресованные собственным подразделениям исследований и разработок (а 20% подрядным специализированным разработчикам, но опосредовано через аффилированные структуры). То есть происходит консолидация расходов на НИОКР в крупных аффилированных концернах исследовательских структурах. Вследствие обозначенного сокращения числа мировых центров НИОКР, консолидации стандартов разработки и проектирования в технологических центрах обнаруживается тенденция 2 (ниже) – глобализация «технологических платформ».

**Тенденция инновационного развития № 2:** глобализация технологических платформ и цифровых модулей («двойников»), обуславливающая снижение стоимости и длительности цикла НИОКР, добавленной стоимости в циклах разработки и производства. Перманентность НИОКР машиностроительных комплексов (объединяю-

щих производство и аффилированных разработчиков) изменила организационный принцип инновационного цикла. Этот принцип обозначают как «платформенный», и он отличается от ранее применявшегося «проектного» наличием «каркаса знаний» и цифровых модулей (библиотек «цифровых двойников»), являющихся элементами «конструктора» в проектировании и разработке инкрементальных<sup>3</sup> технологических решений. Платформенный подход значительно сокращает длительность и стоимость цикла НИР за счет повышения производительности разработчиков и адаптивности при постановке на производство, что увеличивает инновационность и конкурентоспособность субъектов, использующих технологическую платформу. С другой стороны, формирование платформы (как совокупности базы знаний и модулей) процесс длительный – большинство глобальных машиностроительных концернов начали создавать ее инженерную («хард») составляющую в конце 1970-х годов, а цифровую («софт») – с 1990-х.

Именно поэтому число мировых технологических платформ ограничено (по экспертной оценке авторов менее 15), а большинство разработчи-

<sup>3</sup>Разумеется, платформенная модель организации цикла применима только для инкрементальных инноваций, в которых происходит изменение отдельных технико-технологических характеристики изделия, соответственно она не применима для радикальных.

**Таблица 1.** Динамика добавленной стоимости обрабатывающей промышленности в ВВП. Интерпретировано по данным WB [22].

Страны	1998	2003	2008	2013	2018	2022
Швейцария	18,4	18,6	19,3	17,8	17,7	18,4
Китай			32,1	30,7	27,8	27,7
Германия	20,4	19,8	20	19,9	20	18,4
Дания	14,5	13,2	11,7	11,8	13,1	11,7
Евросоюз	17,8	16,3	15,3	14,5	15,2	15
Финляндия	22,9	21,9	20,8	14,5	14,6	15,8
Франция	14,7	13,1	11,1	10,4	10	9,5
Великобритания	14,4	11,6	9,6	9,6	9	8,4
Индия	15,7	15,6	17,1	15,3	14,9	13,3
Израиль	15,8	14,2	14,8	12,9	11,5	
США	15,8	13,3	12,2	11,8	11,3	
Высокий доход	17,6	15,6	14,4	13,6	13,7	
Средний доход			20,8	20,3	20,9	21,2
Низкий дохода	4,8	4,9	4,2	8	10,5	10,4
Российская Федерация		14,4	14,9	11,1	12,8	12,8
Среднемировой	18,6	16,6	16	15,9	16,4	16,3

ков привязаны к конкретной платформе, привязанной к машиностроительным концернам или (что реже) «платформам открытых инноваций». Классификация (рис. 3) мировых технологических платформ в машиностроении представлена в исследовании «Ассоциации машиностроительной промышленности Германии» (VDMA), демонстрирующем «платформенную экономику в машиностроительном секторе» [23]. Трехмерная модель VDMA выделяет 3 таксона в классификации: разделение на материальную (хард) и цифровую (софт) компоненты, открытость или закрытость платформы, дифференциацию по сегментам потребителей. Состоятельность классификации демонстрируется привязкой сформированных платформ к классифицируемым группам. Причем роль цифровой составляющей (модули, двойники) в стоимости НИОКР непрерывно растет (рис. 4) – в прогнозе на 2026 год доля расходов на нее превысит базовое (инженерное, хард) машиностроение.

Подробнее роль цифровых инструментов в трансформации сектора рассматривали

Карпова Г. А. и др. [3]. «... Прогнозируется 10-процентный годовой темп роста расходов на проектирование и НИОКР до 2026 года, чему будут способствовать инвестиции в цифровое (софт-составляющая разработки. – Авторы) машиностроение» (Engineering and R&D Report 2023 [17]). Платформенный подход в проектировании сокращает стоимость и длительность цикла НИОКР, что вызывает встречный экономический тренд – снижение добавленной стоимости в машиностроении. И это вполне объяснимо с экономической позиции: стоимость создания модуля относится на инвестиции при создании платформы, но не включается в расходы процесса разработки и, соответственно, не формирует валовую добавленную стоимость машиностроительной продукции. Следует акцентироваться, что с экономической точки зрения создание технологической платформы это инвестиции в создание базы знаний, а процесс разработки на ее основе – расходы инкрементальной технологической инновации в рамках серии продукции. И это формулируется как долгосрочная тенденция (рис. 5):

**Таблица 2.** Динамика цен машиностроительной продукции в международном товарообороте. Построено, фрагментировано и интерпретировано на основе сопоставимых на 2024 год данных по базе данных OECD [25].

Страны		2014	2015	2016	2019	2020
Канада	Импорт	7%	6%	-1%	5%	8%
	Экспорт	-1%	4%	12%	10%	-1%
Дания	Импорт	-1%	1%	-1%	2%	0%
	Экспорт	5%	3%	-1%	1%	-5%
Германия	Импорт	-2%	-3%	1%	1%	-2%
	Экспорт	-1%	4%	1%	3%	0%
Швеция	Импорт	6%	4%	-1%	4%	-1%
	Экспорт	3%	6%	3%	6%	0%
Великобритания	Импорт	-2%	-3%	3%	5%	
	Экспорт	0%	-1%	6%	3%	
США	Импорт	-3%	-7%	-2%	5%	
	Экспорт	-4%	0%	0%	33%	
Индия	Импорт	1%	18%	9%	4%	
	Экспорт	1%	9%	5%	12%	
Россия	Импорт	18%	44%	9%	4%	
	Экспорт	12%	35%	9%	5%	
Средние темпы в выборке		1,65%	6,35%	2,60%	5,75%	0,25%

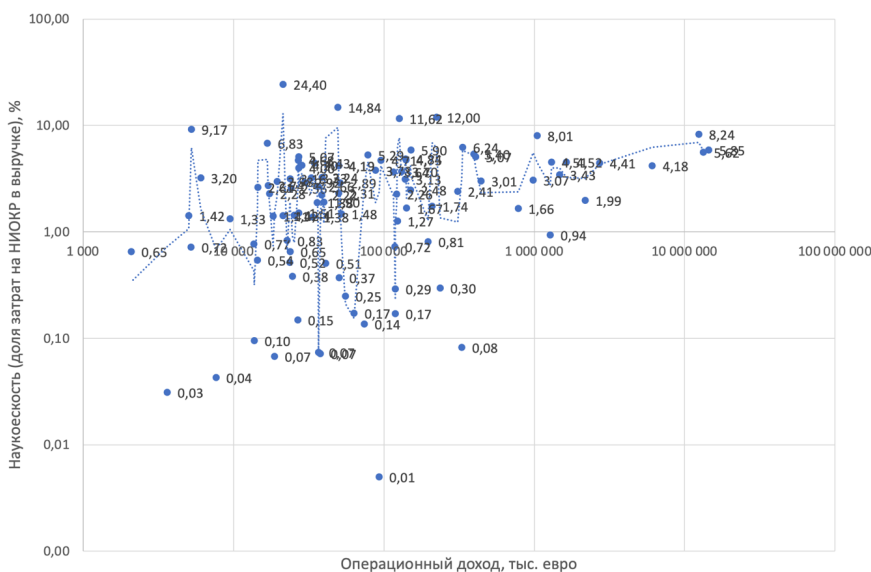
в период 1997–2022 года средние темпы падения добавленной стоимости в обрабатывающей промышленности, ядром которой и является машиностроение -0,62%. В разрезе по странам и группам экономик (табл. 1) наблюдается аналогичная тенденция, объективно видимая для стран-лидеров мирового машиностроения: США с 15,8% в 1998 до 11,3%; КНР с 32,1% в 2008 до 27,7% в 2022.

Обратим внимание, что в странах со средним и низким доходом, не имеющих платформ и осуществляющих цикл НИОКР на «проектном» организационном принципе, не наблюдается снижения добавленной стоимости. А в странах с высоким доходом, в которых локализованы машиностроительные концерны, реализующие НИОКР на технологических платформах (рис. 3), средний уровень добавленной стоимости снижается с 17,6% в 1998 году до 13,7% в 2018. Таким образом, тенденция инновационного развития машиностроения формулируется как переход

на технологические платформы (модульность) в проектировании технологических нововведений, что значительно снижает стоимость и длительность цикла НИОКР, величину добавленной стоимости продукции.

### Тенденция инновационного развития № 3:

кастомизация, снижение партионности производства. Потребительский запрос на инновационность выражается переходом от массового серийного производства к кастомизированным малосерийным партиям с технико-экономическими характеристиками по запросу потребителя. «...Новые парадигмальные производственные стратегии, такие как массовая индивидуализация, порождают множество новых проблем. Одним из них является оптимизация размера партии...» [24]. Каждая партия продукции требует затрат на пуско-наладочные работы (часто НИР и ОКР), которые включаются в себестоимость и цену для заказчика: «...переклочки были признаны основным источником



**Рис. 6.** Поле распределения наукоемкости и операционного дохода 109 машиностроительных предприятий – инновационных лидеров Европы (тренд выделен через скользящую среднюю). Разработано авторами.

снижения эффективности производства» [16]. Соответственно наблюдается монотонный рост цены продукции машиностроения, который обусловлен переносом расходов на разработку и проектирование партии (кастомизацию) на себестоимость. А каждая единичная партия (серия) в экономическом смысле имеет «инновационность» для производственного предприятия с позиции изменения свойств продукта или технологического процесса. Рост цены, как следствие снижения партионности, обнаруживается и отражается в динамике конъюнктуры<sup>4</sup> экспорта и импорта машиностроительной продукции, скомпилированной по странам в таблице 2.

Обусловленность роста цены продукции инновационностью каждой партии (серии) продукции также подтверждает относительно высокими средними финансовыми коэффициентами машиностроительного комплекса на 2024 год [21]: коэффициент цена/балансовая стоимость – 3,38; коэффициент цена/материальная балансовая стоимость – 12,32; валовая прибыль – 25,66%. Обозначенный коэффициент Тоббина (цена/балансовая стоимость) убедительно демонстрирует превалирование стоимости нематериальных активов по отношению к основным средствам

машиностроительных предприятий.

Вторичным аргументом вышеприведенного тезиса может служить построенное поле распределения наукоемкости (доли затрат на НИОКР к выручке) и операционного дохода (рис. 6) машиностроительных предприятий – инновационных лидеров Европы. Уровень наукоемкости (ядро в выборке – 4%) относительно не высокий, но это объясняется «платформенным» принципом организации цикла НИОКР. Инвестиции в разработку платформы не включены в операционные затраты (себестоимость), а только расходы на разработку и постановку на производство единичной производственной партии (серии). Итак, третья тенденция в рыночном (внешнем) поле формулируется как снижение серийности машиностроительного производства, рост цен в силу кастомизации партий, а в экономическом – как перенос на себестоимость расходов на проектирование и постановку на производство партии.

Тенденции и последствия в инновационных процессах машиностроения:

– Тенденция 1. Высокая концентрация мирового рынка машиностроения. Сокращение числа мировых центров производства и НИОКР,

<sup>4</sup> Темпы роста не обусловлены валютной инфляцией, поскольку оценка выполнена в долл. США – в последние 10 лет не превышавшая 2,3%.



консолидация в виде стандартов разработки и проектирования технологических центров. Обнаруживающая тенденцию 2 (ниже) – глобализацию платформ.

- Тенденция 2. Глобализация платформ и цифровых модулей. Снижение стоимости и длительности цикла НИОКР, добавленной стоимости и увеличение производительности в силу «модульности» в процессах проектирования и разработки.
- Тенденция 3. Кастомизация, снижение партионности производства. Монотонный рост цены, обусловленный переносом части расходов разработку и проектирование партии на себестоимость. Каждая партия в экономическом смысле имеет «инновационность» с позиции

смены свойств продукта или изменения технологического процесса.

Выделенные, раскрытые и обоснованные специфические характеристики и тенденции инновационного развития глобального машиностроительного комплекса рассматриваются как совокупность внешних условий и внутренних организационно-экономических принципов реализации инновационного цикла. Авторы консолидируют следующие базовые **организационные принципы исследования инновационного развития машиностроения**: перманентность инкрементальных инноваций; имманентность технологических инноваций; «платформенная» концепция цикла НИОКР.

### Библиографический список

1. Большая Советская Энциклопедия: в 50 томах. Т. 1. – 2-е изд. – М.: Советская энциклопедия. 1949–1958. – 640 с.
2. Девятина Д. Ш., Лобынцева О. А., Бодров А. С. Направления развития инноваций в машиностроении // *Мировая наука*. – 2021. – 1 (46). – С. 86–89.
3. Карпова Г. А., Хорева Л. В., Шраер А. В. Проблемы цифровой трансформации сферы услуг: инновационный, экономический и социальный аспекты // *Журнал правовых и экономических исследований*. – 2023. – № 2. – С. 192–201.
4. Киричек М. О., Федотов А. В. Инновации как фактор развития экспорта российского машиностроения // *Вопросы региональной экономики*. – 2022. – 1 (50). – С. 63–70.
5. Празднов Г. С. Инновации в машиностроении: цель, проблемы, эффективность // *Креативная экономика*. – 2017. – Т. 11, № 12. – С. 1389–1398.
6. Сенько А. Н., Близнюк О. С. Оценка и прогнозирование конкурентного потенциала мирового машиностроения // *Экономическая наука сегодня*. – 2019. – № 10. – С. 133–146.
7. Темпель Ю. А., Новикова А. А. Методологические основы планирования и оптимизации работ в рамках инновационных проектов в машиностроении // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2023. – № 7. – С. 245–248.
8. Широков С. С. Механизм и инструменты антикризисного управления машиностроительными предприятиями с использованием инноваций: дис. ... канд. экономических наук : 08.00.05, 08.00.13 / Широков Сергей Сергеевич. – М., 2019. – 200 с.
9. Artificial intelligence in the era of 4IR: drivers, challenges and opportunities / С. М. Ibegbulam [et al.] // *Engineering Science & Technology Journal*. – 2021. – 4(6). – P. 473–488.
10. Belan C., Erfan Y., Chuguryan S. Tendency and dynamics of development of the world mechanical engineering product market // *Herald UNU. International Economic Relations And World Economy*. – 2021. – No. 40. – ISSN 2413-9971. – DOI: [10.32782/2413-9971/2021-40-2](https://doi.org/10.32782/2413-9971/2021-40-2).
11. Bureau H. Global engineering R&D spending to see high single-digit growth / *Business Line*. – URL: <https://www.thehindubusinessline.com/info-tech/global-engineering-rd-spending-to-see-high-single-digit-growth/article67706057.ece>.
12. Chen X. The Impact of Digital Transformation on Manufacturing Enterprises Innovation // *Pacific International Journal*. – 2024. – Jan. – Vol. 6, no. 4. – P. 48–54. – ISSN 2663-8991. – DOI: [10.55014/pij.v6i4.468](https://doi.org/10.55014/pij.v6i4.468).
13. Crawford M. 6 Top Challenges Facing Engineering Firms in 2023 / *ASME*. – URL: <https://www.asme.org/topics-resources/content/6-top-challenges-facing-engineering-firms-in-2023>.
14. Crompton D., Singh C. Engineering Innovation: The Impact of Digital Transformation // *Research Policy*. – 2023. – P. 115–140. – ISBN 978-3-031-28205-8. – DOI: [10.1007/978-3-031-28206-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-28206-5_6).
15. Cucculelli M., Peruzzi V. Innovation over the industry life-cycle. Does ownership matter? // *Research Policy*. – 2020. – Feb. – Vol. 49, no. 1. – P. 103878. – ISSN 0048-7333. – DOI: [10.1016/j.respol.2019.103878](https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.103878).
16. Eldardiry Z. A Conceptual Framework for Reducing Changeover Time in Batch Production Facilities // *International Journal of Engineering Research and Technology*. – 2021. – Jan. – Vol. V10, no. 01. – ISSN 2278-0181. – DOI: [10.17577/ijertv10is010102](https://doi.org/10.17577/ijertv10is010102).

17. Engineering and R&D Report 2023 / Bain & Company, Inc. – URL: [https://www.bain.com/globalassets/noindex/2023/bain\\_report\\_engineering\\_and\\_r\\_and\\_d\\_report\\_2023.pdf](https://www.bain.com/globalassets/noindex/2023/bain_report_engineering_and_r_and_d_report_2023.pdf).
18. Engineering innovations in medicine and biology: Revolutionizing patient care through mechanical solutions / E. Gazo Hanna [et al.] // *Heliyon*. – 2024. – Feb. – Vol. 10, no. 4. – e26154. – ISSN 2405-8440. – DOI: [10.1016/j.heliyon.2024.e26154](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26154).
19. Global Engineering Research & Development (ER&D) Outsourcing Market: Analysis by Type (Embedded IT, Mechanic and Software) Size & Trends with Impact of Covid-19 and Forecast up to 2025 / Research, Markets. – 2022. – URL: [https://www.researchandmarkets.com/reports/5560083/engineering-research-and-development-erandd?utm\\_source=BW&utm\\_medium=PressRelease&utm\\_code=z5ks5z&utm\\_campaign=1676457+-+Global+Engineering+Research+%26+Development+Outsourcing+Market+to+2025+-+Focus+on+Embedded+IT+%2c+Mechanic+and+Software&utm\\_exec=jamu273prd](https://www.researchandmarkets.com/reports/5560083/engineering-research-and-development-erandd?utm_source=BW&utm_medium=PressRelease&utm_code=z5ks5z&utm_campaign=1676457+-+Global+Engineering+Research+%26+Development+Outsourcing+Market+to+2025+-+Focus+on+Embedded+IT+%2c+Mechanic+and+Software&utm_exec=jamu273prd).
20. Heimbach J. Which countries have the largest share of the mechanical engineering market? / 3Dfindit. – 2023. – URL: <https://www.3dfindit.com/en/engiclopedia/which-countries-have-the-largest-share-of-the-machinery-market>.
21. Investing.com. – URL: <http://investing.com>.
22. Manufacturing, value added (% of GDP) / World Bank Group. – URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.MANF.ZS>.
23. *Mechanical Engineering. Challenges – opportunities – courses of action*. VDMA P. E. in. – 2018. – URL: [https://www.rolandberger.com/publication\\_pdf](https://www.rolandberger.com/publication_pdf).
24. Modrak V., Soltysova Z. Batch Size Optimization of Multi-Stage Flow Lines in Terms of Mass Customization // *International Journal of Simulation Modelling*. – 2020. – June. – Vol. 19, no. 2. – P. 219–230. – ISSN 1726-4529. – DOI: [10.2507/ijssimm19-2-511](https://doi.org/10.2507/ijssimm19-2-511).
25. OECD Data Explorer. – URL: <https://stats.oecd.org>.
26. Process development in mechanical engineering: innovations, challenges, and opportunities / A. K. Adeleke [et al.] // *Engineering Science & Technology Journal*. – 2024. – Mar. – Vol. 5, no. 3. – P. 901–912. – ISSN 2708-8944. – DOI: [10.51594/estj.v5i3.945](https://doi.org/10.51594/estj.v5i3.945).
27. Trade Map. – URL: <https://www.trademap.org>.