

*Кузовкин Д.А.*

*Независимый исследователь*

**ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ И ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
КОМАНД РАЗРАБОТЧИКОВ В ПРОЕКТАХ ЦИФРОВОЙ  
ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Аннотация: Статья посвящена исследованию подходов к оценке и повышению эффективности команд разработчиков в проектах цифровой трансформации промышленности. В работе раскрыты концепции цифровой зрелости, инженерной зрелости и командной результативности, которые определяют успешность реализации цифровых инициатив. Обоснованы теоретические основания оценки, к которым относятся технологические, процессные, организационные и поведенческие параметры. Выявлены факторы, влияющие на эффективность команд в условиях высокой сложности промышленных цифровых проектов, и уточнены роли динамических способностей, психологической безопасности и платформенной интеграции. Предложена модель оценки эффективности, объединяющая четыре взаимосвязанных блока и обеспечивающая многомерное измерение результативности команд. Оценены возможности применения современных инструментов управления проектами, DevOps-автоматизации, платформенных сервисов и методов инженерного контроля качества. Сформулированы выводы по вопросам повышения эффективности промышленных предприятий и развитию команд.*

*Ключевые слова: цифровая трансформация промышленности, команды разработчиков, эффективность команд, цифровая зрелость, инженерная зрелость, динамические способности.*

*Kuzovkin D.A.*

*Independent researcher*

# APPROACHES TO ASSESSING AND ENHANCING THE EFFECTIVENESS OF DEVELOPMENT TEAMS IN INDUSTRIAL DIGITAL TRANSFORMATION PROJECTS

*Abstract: The article examines approaches to assessing and improving the effectiveness of development teams engaged in industrial digital transformation projects. The study reveals the concepts of digital maturity, engineering maturity and team performance, which determine the success of digital initiatives. The theoretical foundations of assessment are substantiated, including technological, process, organizational and behavioral parameters. The factors influencing team effectiveness in the context of highly complex industrial digital projects are identified, and the roles of dynamic capabilities, psychological safety and platform integration are clarified. A comprehensive assessment model is proposed, integrating four interrelated blocks and enabling multidimensional measurement of team performance. The applicability of modern project management tools, DevOps automation, platform services and engineering quality control methods is evaluated. The article formulates conclusions on improving the efficiency of industrial enterprises and developing high-performing teams.*

*Keywords: industrial digital transformation, development teams, team effectiveness, digital maturity, engineering maturity, dynamic capabilities.*

Цифровая трансформация промышленности выступает основополагающим направлением современного социально-экономического развития, состояние которого напрямую определяет конкурентоспособность промышленных предприятий, развитие их бизнес-моделей и степень технологических преобразований в производственной сфере. С другой стороны, активное развитие цифровых платформ, появление интеллектуальных систем и технологий, вкупе со средствами автоматизации и бизнес-аналитики, формируют дополнительные требования к организации проектной деятельности и качеству разработки

программных решений, направленных на обслуживание промышленных процессов. Как справедливо отмечают А.В. Бабкин, П.А. Михайлов и Л.В. Ташенова, цифровизация и внедрение цифровых платформ видоизменяют характер производственных процессов, поскольку сказываются на уровне зависимости компаний от эффективности использования информации, скорости её обработки и качества интеграции в технологические циклы производства [1]. Иными словами, все более критическое значение в цифровой трансформации приобретают не столько сами технологии, сколько качество их внедрения, зависящие от человеческого фактора и командной работы.

Также необходимо подчеркнуть, что деятельность промышленных предприятий отличает некоторая специфика, связанная с тем, что решения разрабатываются в условиях высокой технологической взаимозависимости, многокомпонентной архитектуры, ограничений по времени, безопасности и надежности. Именно поэтому вопрос эффективности команд разработчиков приобретает стратегическое значение, поскольку сказывается как на результатах цифровой трансформации, так и бизнес- и производственных показателях предприятия; закономерно встает необходимость обеспечения качества командных коммуникаций, доверия и повышения эффективности команд разработчиков в проектах цифровой трансформации промышленности.

Актуальность проблемы эффективности команд разработчиков как возникает на стыке специфики и запросов промышленных предприятий, так и определяется необходимостью оценки разнонаправленных эффектов-результатов их деятельности – цифровой трансформации. Так, как верно указывают А.Е. Моисеев и Н.А. Мурашова, цифровые технологии трансформируют производственные операции, изменяют структуру рабочих процессов, повышают требования к скорости принятия решений и качеству взаимодействия, и тем самым формируются необходимость оценки эффективности цифровых проектов на разных уровнях [2].

Аналогичным образом О.И. Шарова и П.А. Жолтикова подмечают, что платформенные сервисы и цифровая среда создают новый контекст для оценки эффективности деятельности промышленных предприятий с учетом интегрального воздействия на нее факторов кибербезопасности, цифровых процессов и стратегического управления цифровой трансформацией [3]. Очевидно, что большинство существующих подходов к оценке эффективности цифровой трансформации ориентировано преимущественно на макроуровень или уровень организации, и они практически не учитывают феномен высокопроизводительных команд разработчиков, которые по своей сути являются фундаментом реализации проектов цифровой трансформации. Между тем, как отмечают О.А. Zolotina и соавторы, именно высокоэффективные гибкие команды (Agile-команды) определяют продуктивность цифровых проектов; их функционирование затруднительно в отсутствие специально выработанного подхода к оценке эффективности работы, выстраивающейся в силу ориентации на принципы Agile и их особенности [10].

Основываясь на научной литературе последних лет, отметим, что основное внимание исследователей постепенно сместилось в сторону изучения командных факторов эффективности, сопряженных с психологической безопасностью [4], зрелостью команд разработчиков [5], качеством процессов и коммуникаций [9], динамическими способностями коллективов [7], а также уровнем их цифровой зрелости [6]. Одновременно развивается направление оценки зрелости и эффективности процессов разработки программного обеспечения – все чаще поднимаются вопросы интеграции показателей качества, стоимости, сроков и организационных факторов в единую систему измерения [8]. Таким образом, возникает потребность в исследовании и формировании специфического подхода к оценке эффективности команд разработчиков, который соотносится с контекстом цифровой трансформации промышленности, отражает

взаимосвязь технологических, организационно-проектных и человеческих факторов, а также учитывает современные форматы работы команд и при этом позволяет не только измерять эффективность, но и управлять ею через целевые механизмы воздействия.

Цель исследования – разработать подход к оценке и повышению эффективности команд разработчиков в проектах цифровой трансформации промышленности.

Обращаясь к идеям повышения эффективности команд разработчиков, первично необходимо рассмотреть общий контекст и специфику их работы, что позволит раскрыть место и роль команды разработчиков, а также оценить её вклад в результаты цифровой трансформации промышленности.

Так, первичным фактором эффективности команд разработчиков в цифровой трансформации промышленности является непосредственно сама цифровая трансформация, которая, согласно существующим определениям, представляет собой многоуровневый процесс изменения технологических, организационных и экономических механизмов функционирования предприятий с упором на применение цифровых технологий и закономерную (подверженную их влиянию) перестройку бизнес-моделей, производственных систем, межорганизационного взаимодействия и перераспределение функций между человеком и цифровыми инструментами. В частности, в подтверждение указанного определения цифровой трансформации выступают существующие доводы о её центральной роли в промышленной системе; цифровая трансформация обеспечивает возможность сбора, обработки данных, принятия решений и формирования новых конкурентных преимуществ промышленности за счет более высокой скорости сбора информации и её интеграции в процессы производства [1; 3]. Как процесс цифровую трансформацию отличает ряд особенностей (Рис. 1):



Рис. 1. Особенности цифровой трансформации промышленности, которые формируют контекст командной разработки программного обеспечения, составлено автором.

Опираясь на рис. 1, заметим, что приведенные особенности закономерно усложняют деятельность команд разработчиков, поскольку их работа зачастую осуществляется в условиях высокой вариативности и расширения требований. Закономерно, наиболее распространенным форматом проектной деятельности становятся Agile-команды. При этом не обязательно, что Agile-команды будут придерживаться исключительно гибких методологий; наиболее жизнеспособными оказываются варианты комбинированного применения Agile и удобных самой команде методологий проектного управления. Например, как показано в исследовании L. Gren, A. Goldman, C. Jacobsson, имеет место процесс развития Agile-команд, которые постепенно проходят стадии зрелости, связанные с повышением автономии, улучшением экспертизы и её

распределением. Зрелость команды рассматривается авторами как фактор повышения производительности и качества разработки, а также готовности к изменениям среды (по сути зрелость – это командная компетентность) [5]. Вкупе с Agile, усиливается влияние и гибридности с распределенностью. В исследовании О.А. Zolotina, Т.О. Razumova, Y.A. Sotnikov, A.V. Nastavnyuk, H. Frerichs выявляется, что Agile высокоэффективные команды в условиях цифровой трансформации все чаще переходят к удаленным и гибридным форматам деятельности, что приводит к изменению структуры коммуникаций, динамики взаимодействия и форматов сотрудничества. При переходе на дистанционные коммуникации многие команды достигают более высокой индивидуальной продуктивности, но сталкиваются с рисками ухудшения совместной инновационной деятельности и командной синхронизации. Закономерно, все чаще предъявляются повышенные требования к готовности руководства оказывать поддержку и формировать зрелую высокоэффективную команду [10].

Тем самым, особенности цифровой трансформации промышленности накладываются на особенности команд разработчиков (Рис. 2):

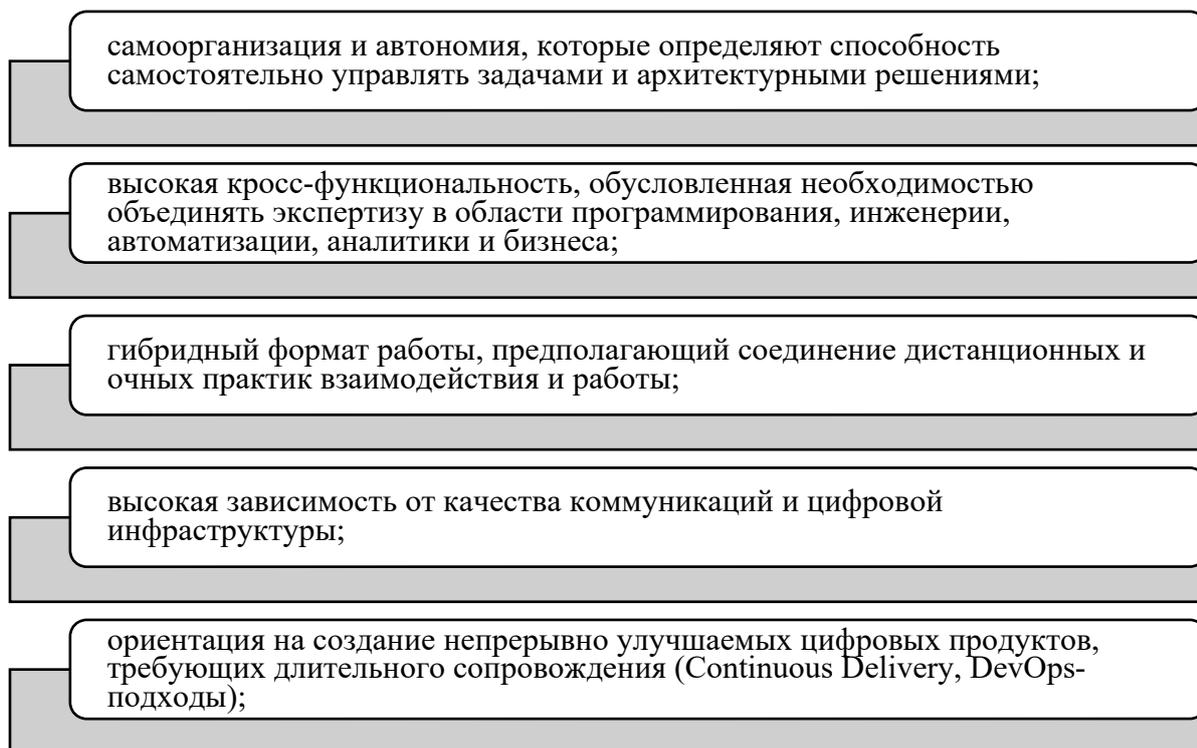


Рис. 2. Особенности команд разработчиков программного обеспечения, составлено автором.

В результате, в ответ на выделенную специфику команд разработчиков программного обеспечения, эффективность команд должна измеряться не только результатами разработки, но и процессными, организационными и поведенческими характеристиками.

Так, важными элементами признаются воздействие психологических и поведенческих факторов эффективности команд, к которым E. Weimar, A. Nugroho, J. Visser, A. Plaat, M. Goudbeek, A.P. Schouten относят коммуникации, координацию, баланс вклада, поддерживающее поведение, взаимное доверие, общие ценности. Представленные компонент определяют качество командного взаимодействия и формируют основу социального капитала команды; закономерно они же нередко определяют качество разработки программного продукта, скорость выполнения задач и неподверженность команды перед стрессовыми ситуациями [9]. Причем на макроуровне вопросы командных способностей дополняются концепцией технологически-усиленных динамических способностей, предложенной в

работе S.S. Sebrek и соавторов, которые отмечают, что способность команды создавать, поглощать и трансформировать знания, использовать цифровые инструменты, развивать практики эксперимента и обучения становится условием формирования конкурентных преимуществ в технологически насыщенных проектах [7]. Поэтому в формировании команды разработчиков руководителю так же необходимо руководствоваться соображениями по цифровой грамотности, формированию навыков коммуникации, созданию прозрачной и доступной всем структуры процессов и процедур, использования цифровых артефактов и введения на повестку ритуалов постоянной синхронизации работы. Итак, в совокупности может быть определено место команды разработчиков в реализации проектов цифровой трансформации промышленности (Рис. 3):

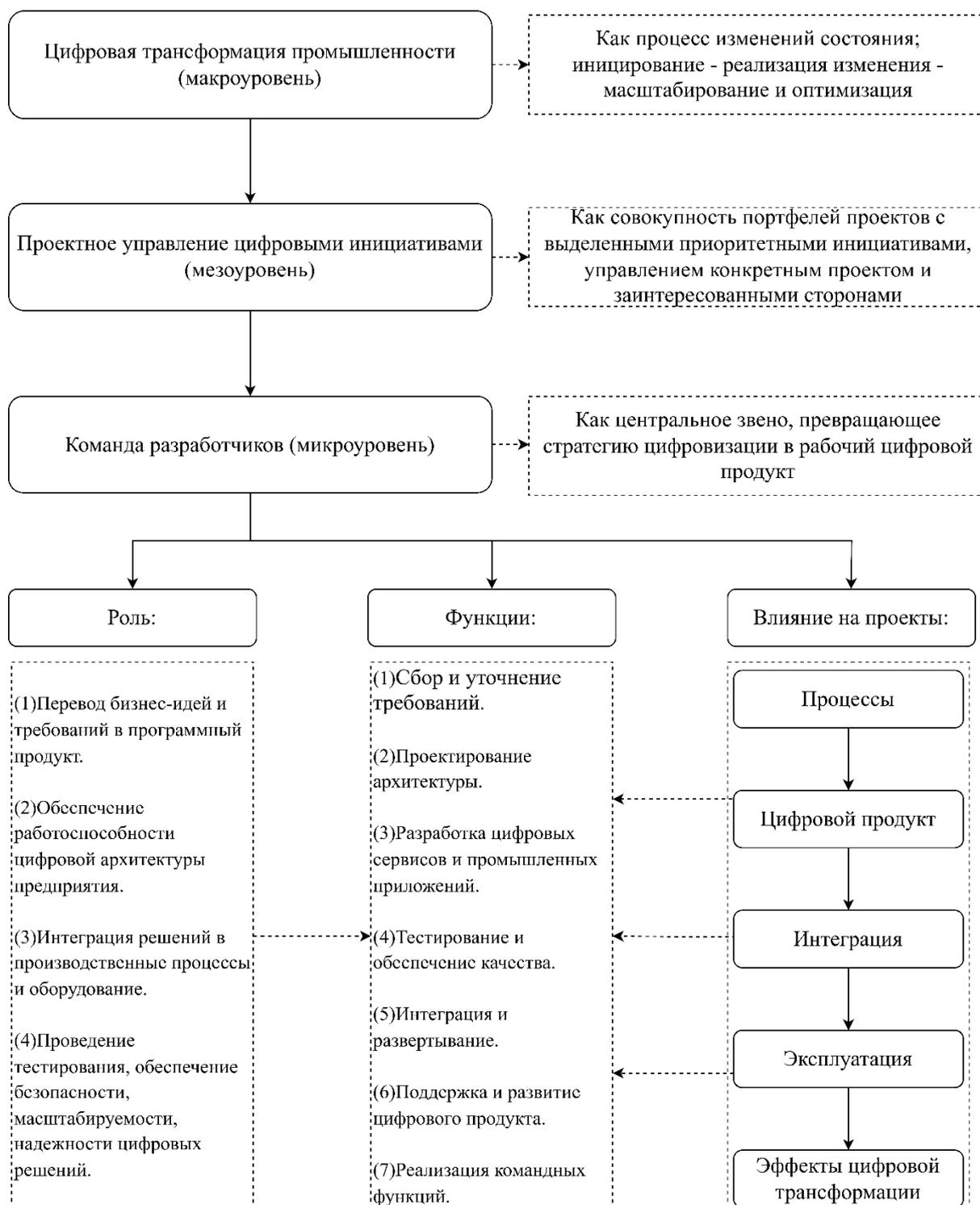


Рис. 3. Место команды разработчиков в реализации проектов цифровой трансформации промышленности, разработано автором.

Очевидно, что команда действует в многокомпонентной среде и функционирует на стыке технологических, организационных и человеческих факторов; закономерно, оценка эффективности команд разработчиков цифровых решений в промышленности представляет собой

сложную интегральную задачу, разрешение которой возможно за счет ориентации на ряд подходов (Табл. 1):

Табл. 1. Сравнительный анализ подходов к оценке эффективности команд разработчиков, составлено автором на основании [1; 2; 4; 7 и др.].

Подход	Преимущества	Недостатки
<i>Технологические и организационные показатели эффективности.</i> Основываются на оценке влияния команды на цифровые процессы предприятия, а именно качество внедрения платформ, соответствие архитектуре, достижение KPI цифровизации. Учитывают отраслевые особенности, уровень цифровой зрелости, интеграцию решений в бизнес-процессы	Прямая связь с бизнес-эффектами и стратегией цифровизации. Отражают результат влияния команды на производственные процессы, позволяют измерять эффект внедрения цифровых платформ и сервисов	Ориентация больше на результат, чем на командные процессы; реализация сильно зависит от внешних факторов (инфраструктуры, зрелости организации); не позволяют точно определить поведенческие причины проблем в команде
<i>Подход к оценке динамических способностей команды.</i> Оценивает способность команды подстраиваться под изменения, учиться, внедрять инновации, трансформировать свои процессы. Упор на обучение, экспериментирование, Agile-практики, технологическую вариативность	Подходит для динамичной среды цифровой трансформации. Основной фокус на долгосрочной эффективности команды.; подход позволяет выявлять потенциал инновационной деятельности, хорошо отражает способность команды работать с неопределенностью	Сложность количественной оценки подхода; реализация зависит от наблюдения и зрелости корпоративной культуры. Не всегда подходит для жестко регламентированных проектов (энергетика, транспорт, металлургия)
<i>SPI-подходы.</i> Основываются на анализе процессов разработки, а именно показателей качества кода, тестирования, архитектуры, DevOps-практик, скорости и стабильности релизов. Учитывают зрелость инженерных процессов и их	Формирует объективные, измеримые показатели, позволяет выявлять узкие места в технических процессах, хорошо подходит для проектных офисов и R&D. В целом стандарты SPI сопоставимы между	Подход не учитывает поведенческие факторы, может игнорировать творчество и инновационность. В ряде промышленных проектов может ограничивать реализацию принципов

улучшение	командами и проектами	Agile
<i>Командные и поведенческие показатели.</i> Оценивают качество коммуникаций, доверия, координации, самоорганизации и психологической безопасности. Учитывают влияние гибридного формата работы. Ориентированы на командные взаимодействия и культуру	Используются для объяснения причин провалов или успехов команды, позволяют повышать неподверженность команды нагрузкам. Напрямую связаны с инновационностью и качеством совместной работы; в целом подход актуален для гибридных и распределенных команд	Трудно стандартизировать реализацию подхода; реализация невозможна без зрелой HR- и проектной аналитики, и она зависит от субъективных оценок. Подход не предоставляет прямой оценки технического результата

Учитывая приведенные подходы, становится очевидно, что во избежание негативного влияния недостатков преобладающего подхода, целесообразно их совместное применение; тем самым, оценка должна приобретать многоуровневый характер и осуществляться на стыке всех четырех групп показателей. Основываясь на Табл. 1, их стоит свести к следующим:

- технологические и организационные эффекты цифровизации;
- динамические способности команды, определяющие готовность к изменениям и обучению;
- зрелость и качество процессов разработки программного обеспечения (например, по SPI);
- психологические и командные факторы эффективности.

Опираясь на приведенные области-подходы к оценке, на их основании может быть выработана модель оценки и повышения эффективности команд разработчиков в проектах цифровой трансформации промышленности (Рис. 4).

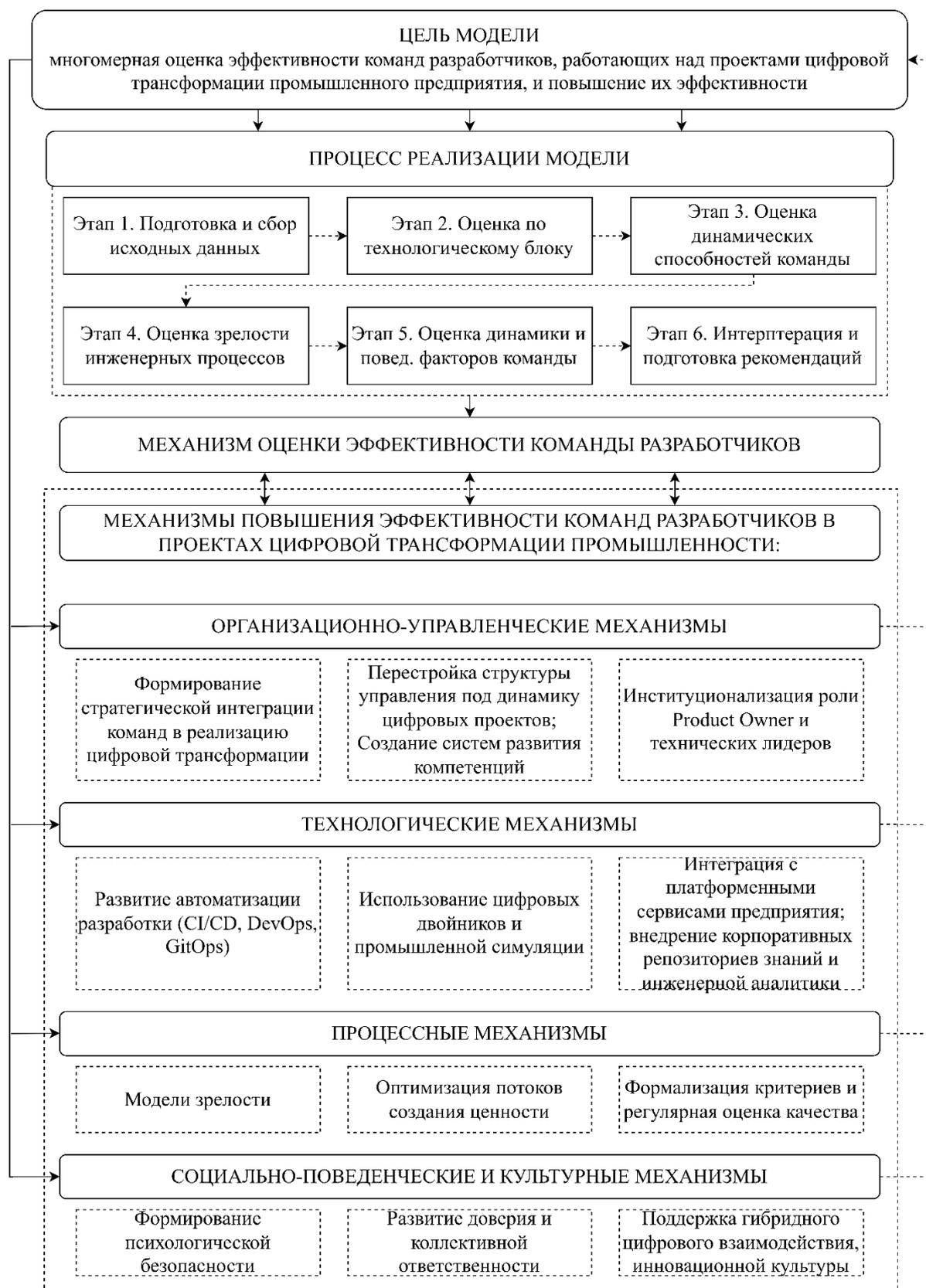


Рис. 4. Модель оценки эффективности команд разработчиков в проектах цифровой трансформации промышленности, разработано автором.

Опираясь на приведенную модель, отметим, что повышение эффективности команд разработчиков зависит как от организационных решений и развитой инженерной культуры, так и применения специально подобранных инструментов, ориентированных на управление процессами разработки, коммуникацией, качеством продукта и цифровой зрелостью команды. Одновременно с этим, инструментальная среда должна быть интегрирована в контекст промышленного предприятия, учитывать требования корпоративной безопасности, протоколы доступа, особенности данных (IoT-телеметрия, MES-логи, ERP-транзакции) и стратегическую платформенную архитектуру. При этом непосредственно практику промышленных предприятий и современные технологические стандарты, инструменты можно сгруппировать в четыре категории: 1) инструменты управления цифровыми проектами, 2) инструменты инженерной и технологической поддержки, 3) инструменты анализа эффективности, 4) инструменты для командного взаимодействия и развития, которые в совокупности направлены на поддержку реализации предложенной модели (состоящей, в свою очередь, из спектра распространенных механизмов).

Таким образом, проведенный анализ позволяет сформировать ряд механизмов повышения результативности команд разработчиков и уточнить то, каким образом они определяют качество промышленных цифровых решений и скорость трансформационных процессов. При этом эффективность формируется на пересечении инженерных процессов, цифровой зрелости предприятия, командной динамики, технологической оснащенности и качества проектного управления. Именно поэтому наиболее результативными оказываются многомерные модели, состоящие из технологических, процессных, организационных и поведенческих механизмов, что подтверждается выводами современных отечественных и зарубежных исследований.

В рамках работы была предложена модель оценки эффективности; доказано, что эти блоки образуют взаимодополняющую систему, в которой

улучшение одного элемента повышает качество остальных, а дисбаланс между ними снижает результативность всей команды. Кроме того, систематизированы механизмы повышения эффективности, среди которых особое значение приобретают стратегическая интеграция команды в цифровую трансформацию предприятия, развитие DevOps-циклов и автоматизации, управление инженерной зрелостью, формирование психологической безопасности, укрепление инновационной культуры и цифровой дисциплины, а также внедрение инструментов мониторинга, контроля качества, совместной работы и поддержки проектного управления. Итак, успешное повышение эффективности команд разработчиков в условиях промышленной цифровизации невозможно без формирования единой системы процессов, динамики взаимодействия, цифровых инструментов и моделей управления, вкуче с культурой работы с инновациями.

#### **Использованные источники:**

1. Бабкин А.В., Михайлов П.А., Ташенова Л.В. Оценка эффективности внедрения цифровой платформы промышленного предприятия // Естественно-гуманитарные исследования. – 2023. – № 1 (45). – С. 17–29.
2. Моисеев А.Е., Мурашова Н.А. Оценка эффективности цифровой трансформации секторов экономики // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 7. – С. 388–391.
3. Шаравова О.И., Жолтикова П.А. Подходы к оценке эффективности применения платформенных сервисов // Экономика и качество систем связи. – 2024. – № 2. – С. 13–23.
4. Buvik M.P., Tkalich A. Psychological Safety in Agile Software Development Teams: Work Design Antecedents and Performance Consequences // Proceedings of the 55th Hawaii International Conference on System Sciences. – 2022. – P. 7330–7339. – DOI: 10.24251/HICSS.2022.880.

5. Gren L., Goldman A., Jacobsson C. Agile Ways of Working: A Team Maturity Perspective // *Journal of Software: Evolution and Process*. – 2019. – Vol. 32. – № 6. – e2244. – DOI: <https://doi.org/10.1002/smr.2244>
6. Lee K., Song Y., Park M., Yoon B. Development of Digital Transformation Maturity Assessment Model for Collaborative Factory Involving Multiple Companies // *Sustainability*. – 2024. – Vol. 16. – Article 8087. – DOI: <https://doi.org/10.3390/su16188087>
7. Sebrek S.S., Semenova V., Kosztyán Z.T. Advancing the software development process through the development of technology-enabled dynamic capabilities in a project-based firm: Insights from action design research // *Business Process Management Journal*. – 2024. – Vol. 30. – № 8. – P. 313–342. – DOI: <https://doi.org/10.1108/BPMJ-02-2024-0070>
8. Unterkalmsteiner M., Gorschek T., Islam A.K.M.M., Cheng C.K., Permadi R.B., Feldt R. Evaluation and Measurement of Software Process Improvement: A Systematic Literature Review // *IEEE Transactions on Software Engineering*. – 2012. – Vol. 38. – № 2. – P. 398–424. – DOI: 10.1109/TSE.2011.26.
9. Weimar E., Nugroho A., Visser J., Plaat A., Goudbeek M., Schouten A.P. The Influence of Teamwork Quality on Software Team Performance // *arXiv.org*. – 2017. – DOI: 10.48550/arXiv.1701.06146.
10. Zolotina O.A., Razumova T.O., Sotnikov Y.A., Nastavnyuk A.V., Frerichs H. Digital transformation of high-performing teams // *Population and Economics*. – 2023. – Vol. 7. – № 2. – P. 60–93. – DOI: 10.3897/popecon.7.e98911.