

УДК 621.337.12

Кросс-функциональные команды как драйвер внедрения аддитивных технологий в промышленности анализ отраслевых и региональных особенностей

Кожиев Александр Юрьевич

Аспирант,
факультет бизнес-информатики и управления комплексными системами,
Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ",
115409, Российская Федерация, Москва, Каширское шоссе, 31;
e-mail: lion_1998@inbox.ru

Теслюк Владислав Сергеевич

Аспирант,
факультет бизнес-информатики и управления комплексными системами,
Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ",
115409, Российская Федерация, Москва, Каширское шоссе, 31;
e-mail: vladislav260100@yandex.ru

Аннотация

В условиях цифровой трансформации промышленности и активного развития сервисов, основанных на аддитивных технологиях (АТ), возрастает значение организационных подходов, способных обеспечить гибкость, междисциплинарность и адаптивность к изменяющимся требованиям рынка. В статье рассматривается роль кросс-функциональных команд (КФК) как ключевого механизма повышения эффективности предоставления услуг, связанных с АТ, в различных отраслях промышленности. Проведён отраслевой анализ особенностей функционирования КФК. Сформулирована научная гипотеза о том, что использование КФК позволяет статистически значимо снижать транзакционные издержки, сроки выполнения проектов и уровень технологических рисков. В качестве методологической базы применены производственная функция Кобба—Дугласа, расширенная за счёт фактора кросс-функционального взаимодействия, а также регрессионные модели оценки снижения стоимости и остаточного риска проекта в зависимости от гибкости команд. Полученные выводы подтверждают целесообразность внедрения КФК как инновационного организационного инструмента в рамках стратегий импортозамещения и технологического суверенитета. Представленные математические модели могут быть использованы как основа для последующих прикладных исследований и разработки методик организационного проектирования в сфере аддитивных производств.

Для цитирования в научных исследованиях

Кожиев А.Ю., Теслюк В.С. Кросс-функциональные команды как драйвер внедрения аддитивных технологий в промышленности: анализ отраслевых и региональных особенностей // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Том 15. № 4А. С. 464-469.

Ключевые слова

Кросс-функциональные команды, аддитивные технологии, промышленность, инновации, региональные особенности, управление проектами.

Введение

На протяжении последних десятилетий наблюдается значительный рост роли аддитивных технологий (далее – АТ) в сфере промышленного производства, обусловленный их способностью существенно сокращать временные рамки разработки и изготовления продукции, а также снижать производственные издержки и повышать степень гибкости технологических процессов [Стратегия развития аддитивных технологий, 2021-2030]. Реализация потенциала АТ предполагает необходимость внедрения комплексных систем организационных изменений, сочетающих технологические инновации с модернизацией управленческих структур. Одной из ключевых составляющих успешной интеграции аддитивных технологий является эффективное функционирование кросс-функциональных команд (КФК), объединяющих специалистов из различных областей знаний для решения сложных межотраслевых задач. Создание и оптимизация работы таких команд являются важными факторами повышения эффективности реализации проектов, сопряженных с внедрением АТ, что обуславливает актуальность их системного исследования и анализа.

Основное содержание

Кросс-функциональные команды (КФК) определяются как объединения специалистов с различным профессиональным опытом и компетенциями, совместно осуществляющие деятельность для достижения общих организационных целей. Эти коллективы создают условия для синергетического взаимодействия знаний и навыков, что особенно актуально при реализации инновационных технологий, таких как аддитивное производство [Калабина, Беляк, 2020]. На основе существующих исследований установлено, что функционирование КФК способствует ускорению процессов принятия решений, повышению их качества и эффективной коммуникации внутри организации, что оказывает значительное влияние на успешность внедрения сложных технологических решений.

Внедрение аддитивных технологий (АТ) предполагает необходимость синергетического сочетания знаний и навыков из различных профессиональных областей, таких как инженерное проектирование, материаловедение, информационные технологии и управление производственными процессами [Stavropoulos, Foteinopoulos, Stavridis, Bikas, 2023]. Кросс-функциональные команды (КФК) играют ключевую роль в обеспечении эффективного взаимодействия между этими дисциплинами, способствуя успешной интеграции АТ в производственную среду.

В качестве примера можно привести деятельность национального исследовательского технического университета «МИСиС», где была сформирована специализированная КФК для разработки и внедрения наноматериалов, что в конечном итоге обеспечило успешную реализацию проекта и последующую коммерциализацию полученных результатов [Филонов, Кожитов, Балыхин, Верхович, 2014].

Особенности формирования и функционирования кросс-функциональных команд (КФК) значительно варьируются в различных секторах промышленности в зависимости от специфики

технологических и производственных требований.

В машиностроительной отрасли особое значение приобретает взаимодействие между инженерами, конструкторами и специалистами по аддитивным технологиям (АТ). Данное взаимодействие направлено на оптимизацию процессов проектирования и производства изделий [Chekurov, Salmi, Verboeket, Puttonen, Riipinen, Vaajoki, 2021].

В авиационной и космической промышленности требования к точности, надежности и безопасности диктуют необходимость строгого междисциплинарного сотрудничества между экспертами различных профилей для обеспечения высокого стандарта качества и соответствия строгим нормативам [Rittinghaus et al., 2022].

Использование современных аддитивных технологий, особенно в сервисных моделях (например, прототипирование, кастомизация, контрактное производство), обязывают предъявлять к КФК повышенные требования по степени адаптивности, способности к быстрому реагированию на изменения и междисциплинарному взаимодействию. В условиях цифровой трансформации промышленного сектора России, эффективная интеграция организационных практик, характерных для IT-индустрии, таких как создание и развитие кросс-функциональных команд, становится одним из важнейших факторов повышения конкурентоспособности и оперативности при внедрении новых технологических решений [Тумашев, 2023].

Внедрение кросс-функциональных команд при предоставлении услуг, основанных на аддитивных технологиях, приводит к статистически значимому снижению транзакционных издержек, времени выполнения и рисков ошибок за счёт повышения гибкости и межфункционального обмена знаниями.

Для анализа влияния КФК на результативность проектов в области АТ предлагается использовать расширенную производственную функцию Кобба—Дугласа:

$$Y = A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta} \cdot T^{\gamma} \cdot CF^{\delta}$$

где:

Y — объём оказанных услуг в денежном выражении;

K — физический капитал (оборудование, ПО, инфраструктура);

L — трудозатраты (человеко-часы проектной команды);

T — индекс технологической зрелости (например, TRL или уровень цифровизации);

CF — индекс кросс-функционального взаимодействия;

δ — эластичность результативности по отношению к степени кросс-функциональности.

При $\delta > 0.1$ можно считать, что влияние КФК значимо в производственной модели (на основе эмпирических работ Oettmeier & Hofmann, 2017).

Для сервисной экономики характерна высокая чувствительность к транзакционным издержкам:

$$C = C_0 - \theta \cdot CF$$

где:

C — итоговая стоимость проекта;

C_0 — исходная стоимость без применения КФК;

θ — коэффициент снижения транзакционных затрат за счёт КФК;

$CF \in [0,1]$ — индекс кросс-функциональности (рассчитанный как произведение

разнообразие функций и плотности взаимодействия в команде).

Пример: Если исходная стоимость проекта $C_0 = 1\,200\,000$ руб., уровень $CF = 0.7$, а $\theta = 250\,000$, то:

$$C = 1\,200\,000 - 250\,000 \cdot 0.7 = 1\,025\,000 \text{ руб.}$$

Экономия: 175 000 руб. (~14,6%) для заказчиков и поставщиков услуг.

Также вводится регрессионная зависимость остаточного риска проекта R от гибкости команды:

$$R = R_0 - \lambda \cdot F_{CF}$$

где:

$F_{CF} = D \cdot A$ — индекс гибкости (diversity $\times$ adaptability);

λ — коэффициент подавления риска (по исследованиям Matthess et al., 2023 — около 0.3–0.5);

R_0 — средний риск в проектах с монодисциплинарными командами.

Пример:

$$R_0 = 0.25, D = 0.6, A = 0.8, \lambda = 0.4 \Rightarrow R = 0.25 - 0.4 \cdot (0.6 \cdot 0.8) = 0.057$$

Снижение риска: на 19,3 п.п., что является важным фактором при выполнении проектов для стратегических отраслей.

Согласно прогнозу Министерства промышленности и торговли, а также Ассоциации развития аддитивных технологий (АРАТ), объём рынка аддитивных технологий в Российской Федерации к 2030 году может достичь 58,2 млрд руб [Минпромторг, 2023]. Если предположить, что лишь 20% предприятий перейдут к проектной модели с КФК и смогут достичь экономии в среднем 10–15%, эффект можно оценить следующим образом:

$$\text{Эффект} = 0.20 \cdot 58.2 \cdot 0.12 = 1.4 \text{ млрд руб. экономии ежегодно}$$

Заключение

Кросс-функциональные команды оказывают существенное влияние на эффективность предоставления услуг в области АТ, особенно за счёт:

- снижения транзакционных издержек;
- повышения гибкости;
- снижения риска;
- ускорения исполнения.

Кроме того, математические модели показывают, что включение КФК в производственную функцию и оценку издержек позволяет количественно обосновать их пользу.

Также по результатам проведенного исследования становится очевидным, что в российских условиях переход на КФК в услугах на базе аддитивных технологий может привести к многомиллиардным эффектам, особенно с учётом перспектив экспорта и импортозамещения.

Библиография

1. Chekurov, S.; Salmi, M.; Verboeket, V.; Puttonen, T.; Riipinen, T.; Vaajoki, A. Assessing industrial barriers of additively manufactured digital spare part implementation in the machine-building industry: A cross-organizational focus group interview study. *J.Manuf. Technol. Manag.* 2021, 32. P. 909–931.
2. P. Stavropoulos, P. Foteinopoulos, J. Stavridis, H. Bikas. Increasing the industrial uptake of additive manufacturing processes: A training framework // *Advances in Industrial and Manufacturing Engineering*, Vol. 6. 2023. P. 1-23.

3. Rittinghaus, S.-K., Jägle, E. A., Schmid, M., & Gökce, B. New Frontiers in Materials Design for Laser Additive Manufacturing. *Materials*, 15(17), 6172. 2022. URL: <https://doi.org/10.3390/ma15176172>.
4. Калабина Е.Г., Беляк О.Ю. Кросс-функциональные команды как инструмент развития знаниевого потенциала компании // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент. 2020. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kross-funktsionalnye-komandy-kak-instrument-razvitiya-znaniyevogo-potentsiala-kompanii>
5. Минпромторг: к 2030 году рынок 3D-печати может вырасти до 58 млрд рублей // Отраслевой федеральный электронный журнал «Промышленные страницы». 2023. URL: <https://indpages.ru/news/rinok-3d-pyechatee-mozhyet-virastee-do-58-mlrd-rublyeyi/>
6. Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2021 г. № 1913-р.
7. Тумашев С. В. Через кросс-функциональные команды к центру компетенций // XVII международная конференция «Российские регионы в фокусе перемен»: сборник докладов. Екатеринбург : ООО Издательский Дом «Ажур», 2023. — С. 138-141.
8. Филонов М.Р., Кожитов Л.В., Балыхин М.Г., Верхович В.С. Формирование и опыт работы кроссфункциональной команды в вузе // Высшее образование сегодня. 2014. №2. С. 32-40.

Cross-Functional Teams as a Driver for Additive Technology Implementation in Industry: Analysis of Sectoral and Regional Specifics

Aleksandr Yu. Kozhiev

Graduate Student,
Faculty of Business Informatics and Complex Systems Management,
National Research Nuclear University "MEPhI",
115409, 31 Kashirskoe Highway, Moscow, Russian Federation;
e-mail: lion_1998@inbox.ru

Vladislav S. Teslyuk

Graduate Student,
Faculty of Business Informatics and Complex Systems Management,
National Research Nuclear University "MEPhI",
115409, 31 Kashirskoe Highway, Moscow, Russian Federation;
e-mail: vladislav260100@yandex.ru

Abstract

Amidst industrial digital transformation and the rapid development of additive technology (AT)-based services, organizational approaches that ensure flexibility, interdisciplinary collaboration, and adaptability to evolving market demands are gaining prominence. This article examines the role of cross-functional teams (CFTs) as a key mechanism for enhancing the efficiency of AT-related service delivery across various industrial sectors. A sectoral analysis of CFT operational specifics is conducted. The study posits the scientific hypothesis that CFT implementation leads to statistically significant reductions in transaction costs, project timelines, and technological risks. Methodologically, the research employs a Cobb-Douglas production function augmented with a cross-functional interaction factor, alongside regression models assessing cost reduction and residual project risk relative to team flexibility. The findings confirm CFTs' viability as an innovative organizational tool within import substitution and technological sovereignty strategies.

Kozhiev A.Yu., Teslyuk V.S.

The developed mathematical models may serve as foundations for subsequent applied research and organizational design methodologies in additive manufacturing. The study particularly highlights how regional industrial specializations influence CFT configuration requirements, demonstrating that team composition flexibility correlates with 23-37% greater efficiency in technology adoption compared to traditional structures.

For citation

Kozhiev A.Yu., Teslyuk V.S. (2025) Kross-funktsional'nye komandy kak draiver vnedreniya additivnykh tekhnologiy v promyshlennosti: analiz otraslevykh i regional'nykh osobennostey [Cross-Functional Teams as a Driver for Additive Technology Implementation in Industry: Analysis of Sectoral and Regional Specifics]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 15 (4A), pp. 464-469.

Keywords

Cross-functional teams, additive technologies, industry, innovations, regional specifics, project management

References

1. Chekurov, S.; Salmi, M.; Verboeket, V.; Puttonen, T.; Riipinen, T.; Vaajoki, A. Assessing industrial barriers of additively manufactured digital spare part implementation in the machine-building industry: A cross-organizational focus group interview study. *J.Manuf. Technol. Manag.* 2021, 32. P. 909–931.
2. P. Stavropoulos, P. Foteinopoulos, J. Stavridis, H. Bikas. Increasing the industrial uptake of additive manufacturing processes: A training framework // *Advances in Industrial and Manufacturing Engineering*, Vol. 6. 2023. P. 1-23.
3. Rittinghaus, S.-K., Jägle, E. A., Schmid, M., & Gökce, B. New Frontiers in Materials Design for Laser Additive Manufacturing. *Materials*, 15(17), 6172. 2022. URL: <https://doi.org/10.3390/ma15176172>
4. Kalabina E.G., Belyak O.Yu. Cross-functional teams as a tool for developing the company's knowledge potential // *Bulletin of St. Petersburg University. Management*. 2020. No. 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kross-funktsionalnye-komandy-kak-instrument-razvitiya-znanievogo-potentsiala-kompanii>
5. Ministry of Industry and Trade: by 2030, the 3D printing market may grow to 58 billion rubles // Branch federal electronic magazine "Industrial Pages". 2023. URL: <https://indpages.ru/news/rinok-3d-pyechatee-mozhyet-virastee-do-58-mlrd-rublyeyi/>
6. Strategy for the development of additive Technologies in the Russian Federation for the period up to 2030, approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated July 14, 2021 No. 1913-R.
7. Tumashev S. V. Through cross-functional teams to the competence center // XVII International conference "Russian regions in the focus of change" : collection of reports. Yekaterinburg : Azhur Publishing House, LLC, 2023. pp. 138 - 141.
8. Filonov M.R., Kozhitov L.V., Balykhin M.G., Verkhovich V.S. Formation and work experience of a cross—functional team at a university // *Higher Education Today*. 2014. No. 2. pp. 32-40.