

Научно-исследовательский центр «Иннова»



НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

Сборник научных трудов по материалам
XXII Международной научно-практической конференции,
28 сентября 2026 года, г.-к. Анапа

Анапа
2026

УДК 00(082) + 001.18 + 001.89

ББК 94.3 + 72.4: 72.5

НЗ4

Научный редактор:
Скорикова Екатерина Николаевна

Редакционная коллегия:

Бондаренко С. В., к.э.н., профессор (Россия, г. Краснодар), **Дегтярев Г. В.**, д.т.н., профессор (Россия, г. Краснодар), **Хилько Н. А.**, д.э.н., доцент (Россия, г. Анапа), **Ожерельева Н. Р.**, к.э.н., доцент (Россия, г. Анапа), **Жиянова Н. Э.**, к.э.н., профессор (Узбекистан, г. Ташкент), **Климов С. В.** к.п.н., доцент (Россия, г. Пермь), **Михайлов В. И.** к.ю.н., доцент (Россия, г. Москва).

НЗ4 Наука и технологии: современное состояние актуальных проблем.
Сборник научных трудов по материалам XXII Международной научно-практической конференции (г.-к. Анапа, 28 сентября 2026 г.). – Анапа: НИЦ ЭСП в ЮФО, 2026. - 56 с.

В настоящем издании представлены материалы XXII Международной научно-практической конференции «Наука и технологии: современное состояние актуальных проблем», состоявшейся 28 сентября 2026 года в г.-к. Анапа. Материалы конференции посвящены актуальным проблемам науки, общества и образования. Рассматриваются теоретические и методологические вопросы в социальных, гуманитарных, естественных и других науках.

Издание предназначено для научных работников, преподавателей, аспирантов, всех, кто интересуется достижениями современной науки.

За содержание и достоверность статей, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

Информация об опубликованных статьях размещена на платформе научной электронной библиотеки (eLIBRARY.ru). Договор № 2341-12/2017К от 27.12.2017 г.

Электронная версия сборника находится в свободном доступе на сайте:
www.innova-science.ru.

УДК 00(082) + 001.18 + 001.89
ББК 94.3 + 72.4:72.5

© Коллектив авторов, 2026.

© ООО «НИЦ ЭСП» в ЮФО

(подразделение НИЦ «Иннова»), 2026.

ISBN 978-5-97873-116-3

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ МАЛЫХ БПЛА ПРИ ГРУППОВОМ ПАТРУЛИРОВАНИИ ПРОТЯЖЁННЫХ ПЕРИМЕТРОВ

Бообеков Давид Рустамович 4

АНАЛИЗ АНАЛИТИЧЕСКИХ И ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Борисов Максим Германович..... 13

ПРИМЕНЕНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПЕТРИ ПРИ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ПОСЕВА С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНЫХ ОТКАЗОВ АГРЕГАТОВ

Чеботарев Вячеслав Алексеевич

Подпругина Ирина Вячеславовна

Назина Софья Леонидовна

Подпругин Александр Ильич..... 32

АРХИТЕКТУРА

ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ ГОРОДА В СТРАНАХ АФРИКИ

Да Фонсека В. К. Моржадину

Халиль Иван..... 38

ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ

ГРАЖДАНСКО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СТРИМИНГА: МЕЖОТРАСЛЕВОЙ АСПЕКТ ПОИСКА БАЛАНСА ИНТЕРЕСОВ

Штайнбрехер Анастасия Владимировна 50

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 629.7:681.5

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ МАЛЫХ БПЛА ПРИ ГРУППОВОМ ПАТРУЛИРОВАНИИ ПРОТЯЖЁННЫХ ПЕРИМЕТРОВ

Бообеков Давид Рустамович

аспирант

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова,
Москва

***Аннотация.** В работе были рассмотрены эксплуатационные ограничения использования малых беспилотных летательных аппаратов при их групповом применении в задачах патрулирования охраняемых периметров. В ходе работы были систематизированы и формализованы энергетические, вычислительные, метеорологические и иные факторы, влияющие на выполнение задания группой аппаратов.*

***Abstract.** The paper considers operational constraints on the use of small unmanned aerial vehicles in group patrol missions over protected perimeters. Energy, computational, meteorological and other factors affecting mission performance by a group of UAVs are systematized and formalized.*

***Ключевые слова:** групповое управление беспилотными летательными аппаратами, патрулирование, эксплуатационные ограничения, энергопотребление, навигация, бортовые вычисления*

***Keywords:** group control of unmanned aerial vehicles, patrol, operational constraints, energy consumption, navigation, onboard computing*

Современная тенденция демонстрирует все более широкомасштабное применение малых беспилотных летательных аппаратов в решении части задач наблюдения, патрулирования и оперативного реагирования на инциденты,

возникающие на охраняемых территориях. Вместе с тем дальнейшее масштабирование применений перевод задачу с уровня управления единичного борта, на уровень координации и управления группой аппаратов и выявляет объективные технологические ограничения. В частности, к числу наиболее значимых и проблемных в решении относятся деградация связи с удалением от ретранслятора сигнала, обусловленная потерей пакетов, задержками и шумом, регуляторные и технические ограничения дальности действия и высоты полета. Отдельной острой проблемой является высокое энергопотребление вкупе с низкой энергоэффективностью малых платформ [3-7].

Существующие централизованные или жестко сценарные решения управления охраняемыми операциями и патрулированием территории в указанных условиях демонстрируют недостаточную устойчивость к вариативности и исходя из этого перечисленные ограничения должны рассматриваться не изолированно, а как взаимосвязанная система.

Для формального описания группового патрулирования следует разделить контролируемый периметр на множество отдельных участков, для каждого из которых определено время с момента последнего достоверного наблюдения.

$$Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_M\} \quad (1)$$

$$A_j(t) = t - t_j^{\text{последний}} \quad (2)$$

где $t_j^{\text{последний}}$ — момент последнего наблюдения участка Z_j .

Исходя из основной цели патрулирования, а именно оперативного реагирования на инциденты, задача требует строго учета периодичности обновления поступающей информации [9]. Исходя из этого требуется распределять участки по приоритету, исходя из учета наиболее критичных факторов.

$$A_j(t) \leq A_j^{\max} \quad (3)$$

где $A_j^{\max}$ определяется приоритетом соответствующего участка.

Отдельно стоит учесть, что возврат одного отдельного аппарата не должен

приводить к длительному нарушению условия (2). Исходя из этого необходимо учитывать общее количество аппаратов, фактически доступных для выполнения задания:

$$N_{\text{готов.}}(t) = \sum_{i=1}^N I_i^{\text{готов.}}(t) \quad (4)$$

где $I_i^{\text{готов.}} = 1$, если аппарат технически и энергетически готов к полёту, и $I_i^{\text{готов.}} = 0$ в противном случае.

Для сохранения заданного режима патрулирования должно выполняться

$$N_{\text{готов.}}(t) \geq N_{\min}(t) \quad (5)$$

где $N_{\min}$ определяется текущей конфигурацией миссии.

Стоит учесть, что аппарат расходует энергию на создание подъёмной силы в течение всего времени нахождения в воздухе, включая режим зависания. Энергопотребление зависит от массы аппарата, режима движения, скорости, внешних возмущений и параметров маршрута [8]. Ввиду этого для принятия решения о продолжении задания недостаточно использовать только текущий процент заряда аккумуляторной батареи. Более информативным является располагаемый энергетический резерв:

$$R_i^E(t) = E_i^{\text{доступное}}(t) - \hat{E}_i^{\text{задание}}(t) - \hat{E}_i^{\text{возврат}}(t) - E_i^{\text{резерв}} \quad (6)$$

где E_i^{avail} — фактически доступный запас энергии; $\hat{E}_i^{\text{задание}}$ — прогнозируемые затраты на выполнение оставшейся части задания; $\hat{E}_i^{\text{возврат}}$ — прогнозируемые затраты на безопасный возврат; $E_i^{\text{резерв}}$ — обязательный эксплуатационный резерв.

При этом исходя из объективных возможностей беспилотной платформы, дальнейшее продолжение выполнения задания допустимо только, при достаточном энергетическом резерве.

$$R_i^E(t) \geq 0 \quad (7)$$

На основе ранее представленных выражений следует учесть различие между аппаратами с одинаковым оставшимся уровнем заряда батареи, но находящихся на различном удалении, либо выполняющих различные задания. При этом рассматриваемое энергетическое ограничение обуславливает необходимость ротации аппаратов между собой. При снижении R_i^E ниже установленного значения участок ответственности должен быть передан другому аппарату до того момента, когда первый аппарат окончательно потеряет возможность безопасного возврата [3, 9].

Вторым по значимости и связанным ограничением, как ранее указывалось, является ограничение на допустимую взлетную массу самого аппарата, не позволяющего использовать более эффективное оборудование для малой беспилотной платформы.

$$m_{\text{конструкции}} + m_{\text{аккумулятор}} + m_{\text{сенсоры}} + m_{\text{вычислитель}} + m_{\text{связь}} \leq m_{\text{max}} \quad (8)$$

где $m_{\text{конструкции}}$ масса корпуса летательного аппарата, $m_{\text{аккумулятор}}$ масса аккумулятора, $m_{\text{сенсоры}}$ масса сенсорного оборудования, $m_{\text{вычислитель}}$ масса вычислительного модуля, а $m_{\text{связь}}$ общая масса средств связи.

Вместе с тем, при снижении максимальной массы конструкции беспилотная платформа становится более подверженной метеорологическим условиям внешней среды. Для малых беспилотных платформ ветровое возмущение вызывает потребность в дополнительной компенсации со стороны системы управления, что уже в свою очередь увеличивает потребность в электроэнергии, либо же обуславливает невозможность дальнейшего выполнения задания [4], [5].

Исходя из метеорологического фактора и его переменности значения прогнозируемых энергозатрат на выполнения задания и затрат на возвращение аппарата не могут рассматриваться как неизменные константы в ходе выполнения всего задания и должны быть пересчитаны при изменении внешних условий.

Дополнительно требуется обеспечение функционирования сенсорной аппаратуры, позволяющей платформе выполнять навигацию, обработку

телеметрии и взаимодействие с иными платформами в группе [7], [10]. Данный класс задачи также, как и метеорологический фактор должен учитываться в режиме реального времени, а, следовательно, обеспечивает увеличение вычислительной нагрузки и потребности в электроэнергии.

Исходя из практического смысла задачи, для любой функции реального времени должно выполняться условие

$$T_f^{\text{факт.}} \leq T_f^{\text{max}} \quad (9)$$

Где $T_f^{\text{факт.}}$ — фактическое время вычисления функции (f), а T_f^{max} — максимально допустимая задержка. При этом ввиду отсутствия объективной возможности обеспечения всех функций одновременно, требуется выполнение разделение функций в зависимости от их приоритета. В частности, основные ресурсоемкие функции, не относящиеся при этом непосредственно к быстродействующему контуру безопасности, должны выполняться периодически, либо частично или полностью передаваться на доступный наземный вычислительный уровень.

Для минимизации фактора деградации канала связи требуется использование инерциальных и визуальных методов определения местоположения [11]. Однако визуальные алгоритмы, в свою очередь, зависят от освещения, информативности сцены и доступного вычислительного ресурса.

Для камеры с углом поля зрения θ ширина наблюдаемой полосы приближённо определяется как

$$B(h) = 2h * \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (10)$$

где (h) — высота полёта.

Как следует из формулы повышение высоты увеличивает ширину охвата, однако уменьшает пространственное разрешение наблюдаемого объекта. Следовательно, выбор высоты и маршрута должен выполняться совместно с требованиями к качеству наблюдения.

С учётом введённых показателей основные условия допустимости

групповой миссии могут быть представлены системой

$$\left\{ \begin{array}{l} A_j(t) \leq A_j^{max}, \quad j = 1, \dots, M \\ N_{готов.}(t) \geq N_{min}(t), \quad i = 1, \dots, N \\ R_i^E(t) \geq 0 \\ m_{конструкции} + m_{аккумулятор} + m_{сенсоры} + m_{вычисления} + m_{связь} \leq m_{max} \\ T_f^{факт.} \leq T_f^{max}, f \in F_{р.в.} \end{array} \right. \quad (11)$$

где $A_j(t)$ время с момента последнего наблюдения участка, $N_{готов.}(t)$ количество БПЛА, готовых к выполнению задания, $R_i^E(t)$ располагаемый энергетический резерв i -го БПЛА, $T_f^{факт.}$ — фактическое время выполнения функции f ; $F_{р.в.}$ — множество функций реального времени.

Представленная система объединяет ограничения, определяющие допустимость выполнения групповой миссии. Первое условие характеризует требуемую периодичность наблюдения участков периметра, второе — минимально необходимый состав работоспособной группы, третье — энергетическую допустимость продолжения задания, четвёртое — массогабаритные ограничения платформы, пятое — возможность выполнения вычислительных функций в пределах допустимой задержки. Нарушение хотя бы одного из указанных условий требует изменения маршрута, перераспределения функций между аппаратами либо перехода отдельного БПЛА к процедуре возврата.

При этом выражение (10), определяющее ширину наблюдаемой полосы, не включается непосредственно в систему (11), поскольку характеризует функциональную зависимость параметров наблюдения, а не самостоятельное ограничение. Значение $(V(h))$ используется при выборе высоты и геометрии маршрута с учётом требуемого качества наблюдения.

Проведённый анализ показал, что эксплуатационные возможности малого роя малых беспилотных летательных платформ определяются совместным влиянием энергетических, массогабаритных, вычислительных, метеорологических и навигационных факторов. Предложенная система ограничений позволяет формализовать условия допустимости группового патрулирования и учитывать их

при распределении маршрутов и ресурсов между аппаратами. Полученные результаты могут использоваться при разработке архитектуры группового управления БПЛА, предусматривающей ротацию аппаратов, перераспределение задач и автономное выполнение критических функций.

Список литературы

1. Воздушный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 19 марта 1997 г. № 60-ФЗ: ред. от 25.05.2026 [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс. — Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_13744/ (дата обращения: 28.09.2026).

2. Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации: постановление Правительства Российской Федерации от 11 марта 2010 г. № 138: ред. от 31.07.2025 [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс. — Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98957/ (дата обращения: 28.09.2026).

3. Медведев М. Ю., Костюков В. А., Бутенко М. Ю., Гисцов В. Г., Евдокимов И. Д. Аппаратно-алгоритмическое обеспечение перспективной системы энергосбережения автономной группы БПЛА [Электронный ресурс] / Известия Южного федерального университета. Технические науки. — 2022. — № 5 (229). — С. 230–243. — Режим доступа: https://izv-tn.tti.sfedu.ru/index.php/izv_tn/ru/article/view/715 (дата обращения: 28.09.2026).

4. Костюков В. А., Гисцов В. Г., Евдокимов И. Д. Методика корректировки траектории беспилотного летательного аппарата мультикоптерного типа [Электронный ресурс] / Инженерный вестник Дона. — 2022. — № 12 (96). — С. 760–775. — Режим доступа: <https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8072> (дата обращения: 28.09.2026).

5. Ercan H., Ulucan H., Kılıç Ş. Effect of Wind on Quadrotor Battery Consumption [Электронный ресурс] / Aircraft Engineering and Aerospace Technology. — 2024. — Vol. 96, no. 5. — P. 655–661. — DOI: 10.1108/AEAT-08-2022-0223. — Режим доступа: <https://doi.org/10.1108/AEAT-08-2022-0223> (дата обращения: 28.09.2026).

28.09.2026).

6. Кузьменко В. П. Разработка модели управления подогревом батареи малого беспилотного летательного аппарата с применением светодиодных систем для обеспечения заданного качества полета [Электронный ресурс] / Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. — 2025. — Т. 23, № 2. — С. 176–187. — DOI: 10.18503/1995-2732-2025-23-2-176-187. — Режим доступа: <https://vestnik.magtu.ru/arkhiv-nomerov/125-arkhiv-nomerov/2-2025/1772-176.html> (дата обращения: 28.09.2026).

7. Беляев П. Ю., Зикратов И. А. Исследование автономной навигации беспилотных летательных аппаратов на основе корреляционных методов сравнения изображений [Электронный ресурс] / Труды учебных заведений связи. — 2024. — Т. 10, № 5. — С. 109–118. — DOI: 10.31854/1813-324X-2024-10-5-108-117. — Режим доступа: https://journals.rcsi.science/1813-324X/article/view/270437/249401/ru_RU (дата обращения: 28.09.2026).

8. Zeng Y., Xu J., Zhang R. Energy Minimization for Wireless Communication with Rotary-Wing UAV [Электронный ресурс] / IEEE Transactions on Wireless Communications. — 2019. — Vol. 18, no. 4. — P. 2329–2345. — DOI: 10.1109/TWC.2019.2902559. — Режим доступа: <https://doi.org/10.1109/TWC.2019.2902559> (дата обращения: 28.09.2026).

9. Lin X., Yazicioglu Y., Aksaray D. Robust Planning for Persistent Surveillance with Energy-Constrained UAVs and Mobile Charging Stations [Электронный ресурс] / IEEE Robotics and Automation Letters. — 2022. — Vol. 7, no. 2. — P. 4157–4164. — DOI: 10.1109/LRA.2022.3146938. — Режим доступа: <https://doi.org/10.1109/LRA.2022.3146938> (дата обращения: 28.09.2026).

10. McEnroe P., Wang S., Liyanage M. A Survey on the Convergence of Edge Computing and AI for UAVs: Opportunities and Challenges [Электронный ресурс] / IEEE Internet of Things Journal. — 2022. — Режим доступа: <https://doi.org/10.1109/IJOT.2022.3176400> (дата обращения: 28.09.2026).

11. Лазарева П. А., Гурько Н. В. Визуально-инерциальная навигация БПЛА с адаптивной оценкой неопределённости нейросетевой локализации на основе

эвиденциального обучения [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.ispras.ru/proceedings/isp_38_2026_4-1/isp_38_2026_4-1_239/ (дата обращения: 28.09.2026).

УДК 621.86

**АНАЛИЗ АНАЛИТИЧЕСКИХ И ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ**

Борисов Максим Германович

аспирант

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет

Петра Великого», город Санкт-Петербург

***Аннотация.** В данной статье анализируются аналитические и численные методы моделирования устойчивости металлических конструкций и выявляются их преимущества и недостатки по отношению друг к другу. Сравнение методов производилось по результатам аналитических расчетов стального стержня двутаврового сечения отдельно и в составе фермы по ГОСТ 33169-2022 и СП 16.13330.2017 и численных расчетов с использованием алгоритмов «Buckling» и «NL Static».*

This article analyzes analytical and numerical methods for modeling the stability of metal structures and identifies their advantages and disadvantages in relation to each other. The methods were compared based on the results of analytical calculations of a steel bar with an I-beam cross-section, both separately and as part of a truss, according to GOST 33169-2022 and SP 16.13330.2017, as well as numerical calculations using the «Buckling» and «NL Static» algorithms.

***Ключевые слова:** потеря устойчивости, критическое напряжение, критическая сила, металлическая конструкция, продольная жесткость, метод конечных элементов*

***Keywords:** loss of stability, critical stress, critical force, metal structure, longitudinal stiffness, finite element method*

Потеря устойчивости металлических конструкций является одной из ключевых проблем в строительной механике и инженерии. Правильная оценка устойчивости элементов конструкций необходима для обеспечения их надежности. В последние десятилетия наблюдается рост интереса к численным методам, которые позволяют более точно моделировать поведение конструкций под различными нагрузками.

Аналитические методы моделирования устойчивости включают в себя классические подходы, такие как методы линейной и нелинейной устойчивости. Одним из наиболее известных методов является метод Эйлера, который используется для анализа устойчивости стержней при сжатии. Эйлер описал критическую нагрузку, при которой происходит потеря устойчивости. В более поздних работах были предложены усовершенствованные модели, учитывающие влияние геометрических и физических нелинейностей [1].

Метод конечных элементов (МКЭ), стал основным инструментом для анализа устойчивости сложных конструкций. Работы, проведенные в 1990-х годах, продемонстрировали высокую эффективность МКЭ в решении задач устойчивости. Эта технология позволяет учитывать реальные условия нагружения и эксплуатации конструкций, что делает расчет более приближенным к реальности. Метод позволяет моделировать сложные геометрические формы и учитывать различные условия нагрузки. Современные программные комплексы ANSYS, ABAQUS, NASTRAN предоставляют мощные инструменты для анализа устойчивости, позволяя инженерам проводить симуляции с высокой точностью. Исследования показали, что численные методы могут значительно улучшить понимание поведения конструкций под действием нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации.

Процесс возникновения потери устойчивости оценивается с использованием критических сил, которые определяются при помощи коэффициента устойчивости (коэффициента уменьшения / понижающего коэффициента). Данный коэффициент может быть определён различными способами, например:

- аналитически с использованием силовых ил энергетических критериев;

– анализа с использованием методов конечных элементов (МКЭ) по алгоритмам Buckling / NLStatic;

– Экспериментально: в лабораторных условиях можно провести испытания образцов на сжатие, чтобы получить данные о критических нагрузках и соответственно рассчитать коэффициент потери устойчивости.

В литературе представлены несколько эмпирических моделей, таких как работа Энгессера [2, 3], которые позволяют экспериментально оценить упруго-пластическую и пластическую потерю устойчивости. Позже Шенли [4, 5] предложил иной подход для анализа процесса потери устойчивости, основанный на полуэмпирическом расчетном уравнении. В исследованиях [6, 7] авторы представили численный метод для вычисления зависимости нагрузки от прогиба нагруженных квадратных колонн с различными геометрическими характеристиками, эксцентриситетом нагрузки и коэффициентами гибкости колонн.

В литературе [8] исследовались опертые стальные элементы с равномерным поперечным сечением, подвергшиеся равномерным распределенным нагрузкам по длине. Результаты показали их способность сопротивляться местной потере устойчивости и были стандартизированы с использованием коэффициента уменьшения на основе формулы Айртона-Перри [9]. Местная и общая устойчивость балок была изучена через моделирование их геометрического и физического нелинейного поведения [10]. В исследовании [11] было проанализировано общее поведение конструкции при потере местной устойчивости, а также проанализирована конструкция высокопрочных стальных колонн. Результаты показали, что с увеличением предела текучести высокопрочной стали отношение остаточных напряжений к пределу текучести значительно снижается и оказывает меньшее влияние на общее поведение при местной потере устойчивости. Различные Н-образные сечения сварных стальных колонн были исследованы как экспериментально, так и численно с учетом их общего поведения при потере устойчивости [12]. В литературе [13] предложен новый подход для определения устойчивости сжатого стержня в упругопластической области, где значения критических напряжений определяются аппроксимацией двойного модуля

упругости Энгессера-Кармана (T) и касательного модуля E_t , установленного по результатам экспериментальных исследований.

Исследования, проводимые ранее, послужили для создания единых рекомендаций и технологий расчета, которые применяются и по сей день, например аналитических расчетов по ГОСТ 33169-2022 и СП 16.13330.2017 и численных расчетов «Buckling» и «NL Static». В реальных инженерных условиях существует множество факторов, усложняющих прогнозирование нагрузок, вызывающих потерю устойчивости, таких как начальные (геометрические) несовершенства, нелинейность материала, эксцентриситет нагрузки, сложные условия закрепления элементов конструкций. Приведенные стандарты и нормативы в какой-то степени учитывают начальные несовершенства, основываясь на экспериментальных данных, но для более сложных конфигураций конструкций и одновременного воздействия различных типов нагрузок выполнить аналитический расчет проблематично. Также, есть проблемы с численными методами расчета. Например, алгоритм «Buckling» является линейным, он не учитывает пластические свойства материала и эксцентриситет приложения нагрузки. Алгоритм «NL Static» требует моделирования геометрических несовершенств конструкции, что выходит за рамки инженерного анализа.

Цель данной работы заключается в сравнительной оценке возможностей численных методов анализа устойчивости элементов конструкций и сравнении их с нормативными аналитическими методами, которые используются в инженерной практике. При этом особое внимание было уделено учету геометрических несовершенств конструкции и упругопластических свойств материала.

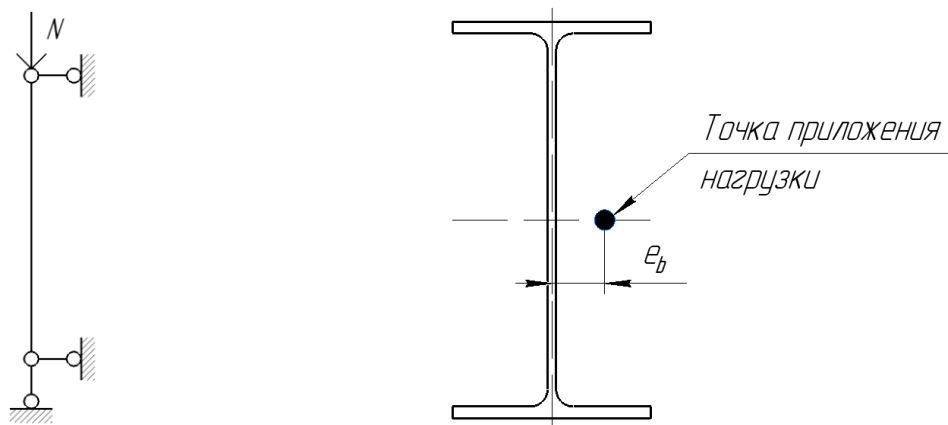
Рассматривались следующие технологии расчета на устойчивость:

- аналитический расчет по ГОСТ 33169-2022 [14] и СП 16.13330.2017 [15];
- численный расчет «Buckling» в среде Femap with NX Nastran;
- численный расчет «NL Static» в среде Femap with NX Nastran.

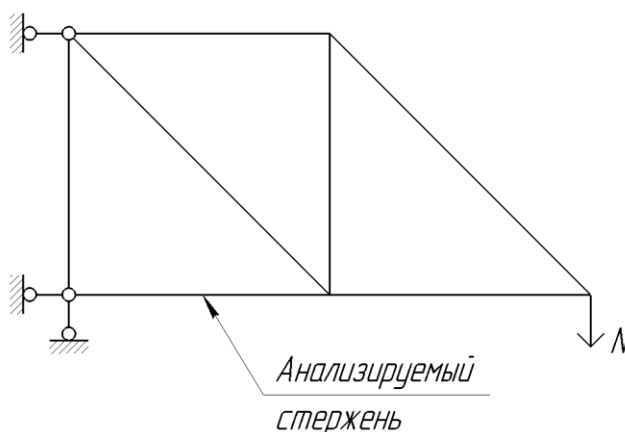
В качестве объекта исследования принят стержень, который рассмотрен как отдельная конструкция и как элемент фермы. Стержень имеет двутавровое сечение 30Б2 по ГОСТ Р 57837-2017 [16], длиной $L_{дв} = 2000$ мм. Ферма

состоит из стержней, описанных выше. Предел текучести $\sigma_T = 300$ МПа, временное сопротивление разрыву $\sigma_B = 460$ МПа.

Рассмотрены случаи центрального нагружения при $e = 0$ (модель 1) и внецентренного (модель 2) нагружения (рис. 1 а). Рассмотрен случай поведения стержня в составе фермы (модель 3) (рис. 1 б).



а – модели 1 и 2



б – модель 3

Рисунок 1 – Расчетные схемы

Для случая центрального нагружения анализировались зависимость максимальных напряжений от номинальных напряжения и зависимость продольной жесткости стержня от номинальных напряжений.

Для случая внецентренного нагружения анализировались зависимость максимальных напряжений от номинальных напряжения, зависимость стрелы прогиба от номинальных напряжений и зависимость продольной жесткости

стержня от номинальных напряжений. Нагружение производилось с эксцентриситетом в плоскости наименьшей жесткости.

Эксцентриситет учитывает начальные несовершенства и рассчитывается, в соответствии с СП 294.1325800.2017 [17], следующим образом:

$$e_b = \frac{i}{20} + \frac{L_{дв}}{400} = 4,31 \text{ мм}, \quad (1)$$

где i – радиус инерции сечения для плоскости, в которой происходит потеря устойчивости (плоскость наименьшей жесткости); $L_{дв}$ – геометрическая длина элемента.

Данные несовершенства имеют случайный характер и подчиняются статистическим закономерностям, поэтому значение начальных несовершенств следует принимать на основании статистических исследований случайных величин отклонений, полученных из опытных данных. В формуле (1) первое слагаемое учитывает неправильность центрировки, а второе – начальное искривление балки (погибь).

Для случая нагружения стержня в составе фермы анализировались зависимость максимальных напряжений от номинальных напряжения, зависимость стрелы прогиба от номинальных напряжений и зависимость продольной жесткости стержня от номинальных напряжений. Необходимо было проанализировать сходимость численных методов с аналитическими методами расчета, а также особенности численных методов при сжатии стержня в составе металлической конструкции при простом варианте нагружения.

Все комбинации типа анализа и применяемых конечных элементов для расчета численными методами были сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчеты, которые производись численными методами

	Центральное нагружение		Внецентренное нагружение	
	Beam	Plate	Beam	Plate
Buckling	+	+	-	-
NL Static	-	+	+	+

В численных расчетах использовались конечные элементы (КЭ) типа «Beam» и «Plate». Размер КЭ «Beam» принимался равным 100 мм, размер КЭ «Plate» принимался равным 10 мм. Такое различие в размере КЭ обусловлено тем, что элементы «Beam» не позволяют учитывать пластические деформации. Номинальные напряжения в элементах моделей стержня (рисунок 1а) и фермы (рисунок 1б) вычислены по алгоритму Static. Алгоритм «Buckling» применялся для определения коэффициента (множителя) нагрузки, с помощью которого рассчитывались критические силы и напряжения. Алгоритм «Buckling» рассчитывает линейную потерю устойчивости, используя при этом следующие допущения:

- используется линейный материал;
- перемещения малы;
- направление нагрузки не изменяется в процессе деформирования конструкции.

Алгоритм «NL Static» применялся для получения пластических деформаций и последующем их анализе. Закрепления для моделей 1, 2 и 3 принимались таким образом, чтобы получить плоскую потерю устойчивости. Размеры сечения были приняты исходя из применимости в практике. Прилагаемая нагрузка была предварительно рассчитана аналитическими методами и итерационно выбрана такой, чтобы критическая нагрузка примерно равнялась пределу текучести $\sigma_{\text{крит}} \approx \sigma_{\text{т}}$.

В случае «NL Static» анализа продольная жесткость стержня рассчитывалась двумя способами:

$$C_{1.1} = \frac{N \cdot k_{load.1}}{\Delta x_{NL.1}}, \quad (2)$$

где N – прикладываемая нагрузка; $k_{load.1}$ – коэффициент приложения нагрузки, который был взят из результатов расчета «NL Static» для каждого расчетного случая; $\Delta x_{NL.1}$ – продольное сжатие стержня на каждом шаге расчета.

$$C_{2.2} = \frac{\Delta N_2}{\Delta x_2}, \quad (3)$$

где ΔN_2 – пошаговое приращение прикладываемой нагрузки; $\Delta x_{NL.1}$ – пошаговое приращение продольного сжатия стержня.

Аналитический расчет проводился по расчетной схеме, представленной на рисунке 1а ($e = 0$). По итогам расчетов были получены следующие результаты:

- расчет по ГОСТ 33169-2022:
- критическая сила $F_{\text{крит.ГОСТ}} = 1090$ кН;
- критические напряжения $\sigma_{\text{крит.ГОСТ}} = 234$ МПа;
- расчет по СП 16.13330.2017:
- критическая сила $F_{\text{крит.СП16}} = 1070$ кН;
- критические напряжения $\sigma_{\text{крит.СП16}} = 229$ МПа;
- расчет по Эйлеру:
- критическая сила $F_{\text{крит.Эйлер}} = 2630$ кН;
- критические напряжения $\sigma_{\text{крит.Эйлер}} = 562$ МПа.

По результатам видно, что расчеты по ГОСТ и СП дают схожие значения критических сил и напряжений. Это связано с тем, что они строятся на одних принципах расчета и примерно одинаково учитывают упругопластические свойства материала. В расчете по Эйлеру значения критической силы и напряжения имеют большие значения. Это связано с тем, что метод Эйлера использует модель идеально упругого материала и прямолинейного стержня.

Расчет продольно сжатого стержня численными методами

В случае центрального нагружения система ведет себя линейно для анализа «NL Static», как и предполагалось. Анализ «Buckling» показал формы потери устойчивости балки, но это лишь визуальное отображение. Алгоритм расчета использует энергетический критерий, что подразумевает использование линейного материала, следовательно и система ведет себя линейно.

На рисунке 2 представлены графики зависимостей максимальных

напряжений от номинальных напряжений для линейного расчета (график 1) алгоритмом «Buckling» ($\sigma_{max.1}$ от $\sigma_{nom.1}$) и для нелинейного расчета (график 2) алгоритмом «NL Static» ($\sigma_{max.2}$ от $\sigma_{nom.2}$). Расчет производился по модели 2 (рисунок 1а, $e \neq 0$). По графику 2 видно, что зависимость приобретает нелинейный характер при приближении к критическим напряжениям $\sigma_{крит.GOST} = 234$ МПа, полученными в аналитическом расчете по ГОСТ 33169-2022. Это свидетельствует о том, что аналитический расчет хорошо определяет критические напряжения. По результатам численного анализа Buckling получен коэффициент (множитель) нагрузки $\lambda_{buc.ster} = 2,07$. Умножив этот коэффициент на прикладываемую нагрузку и разделив на площадь сечения стержня, получим критические напряжения $\sigma_{крит.buc.ster} = 530$ МПа, при этом аналитический расчет по Эйлеру дает критические напряжения $\sigma_{крит.Эйлер} = 562$ МПа. Можно видеть хорошую сходимость двух этих методов.

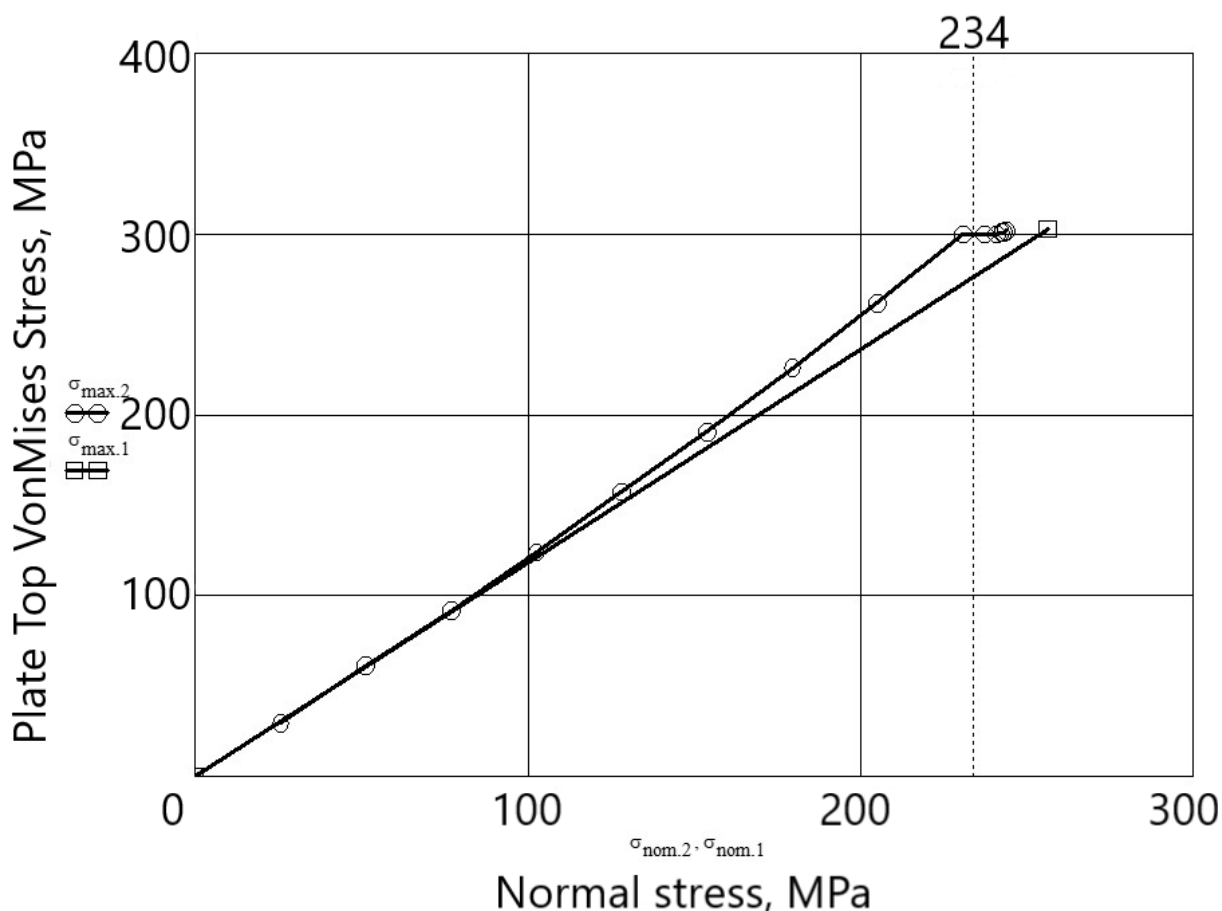


Рисунок 2 – Графики зависимости максимальных напряжений от номинальных напряжений при внецентренном нагружении

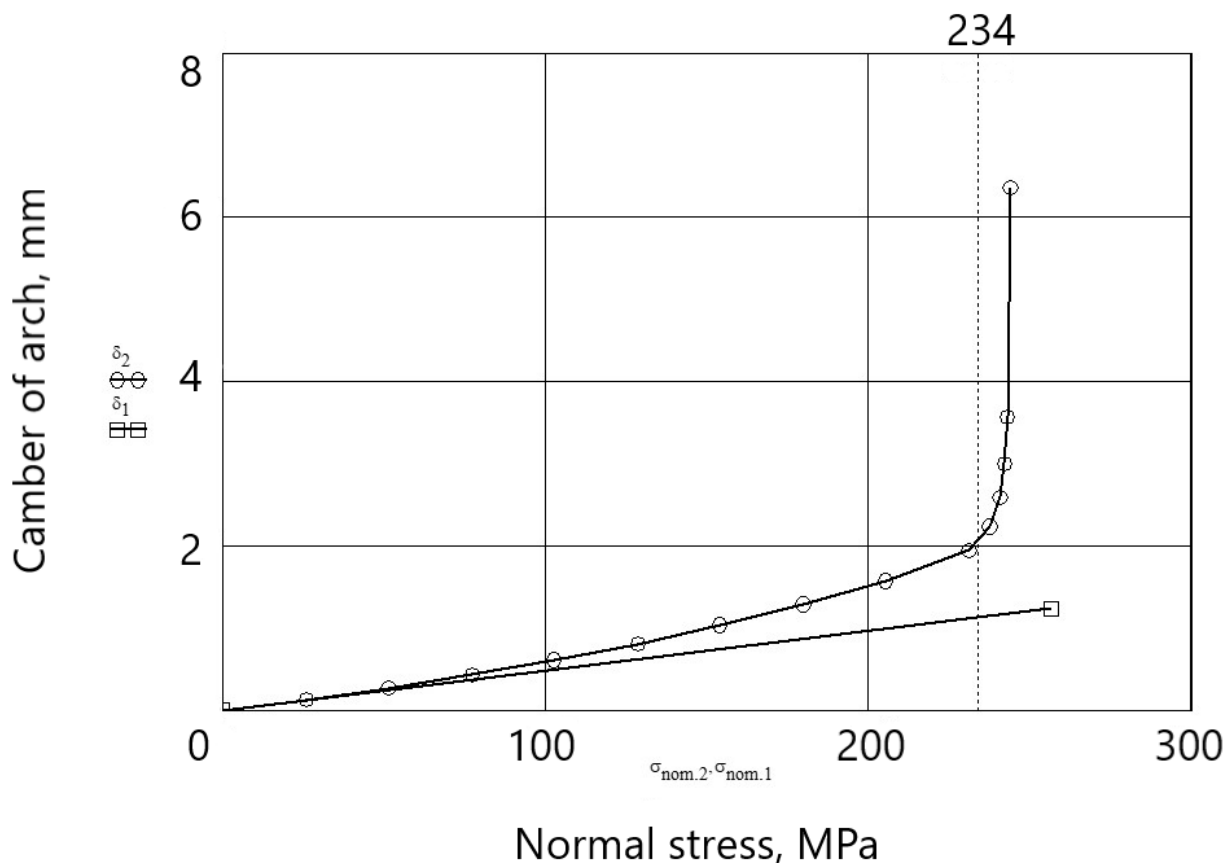


Рисунок 3 – Графики зависимости стрел прогиба от номинальных напряжений при внецентренном нагружении

где δ_1 – стрела прогиба стержня при внецентренном нагружении, тип элемента «Plate», модуль «Static»; δ_2 – стрела прогиба стержня при внецентренном нагружении, тип элемента «Plate», модуль «NL Static»; $\sigma_{nom.1}$ – номинальные напряжения в стержне при внецентренном нагружении, тип элемента «Plate», модуль «Static»; $\sigma_{nom.2}$ – номинальные напряжения в стержне при внецентренном нагружении, тип элемента «Plate», модуль «NL Static»

Из графиков зависимости, представленных на рисунке 3 видно, что зависимость стрелы прогиба от номинальных напряжений линейная в случае "Static" анализа. Для случая анализа "NL Static" зависимость приобретает нелинейный характер по мере приближения к критическим напряжениям $\sigma_{крит.GOST} = 234$ МПа, полученными в аналитическом расчете по ГОСТ 33169-2022. Это

говорит о том, что линейный расчёт не учитывает способность конструкции менять своё сопротивление деформации во времени, в свою очередь, на нелинейной зависимости виден плавный переход от упругих деформаций к пластическим.

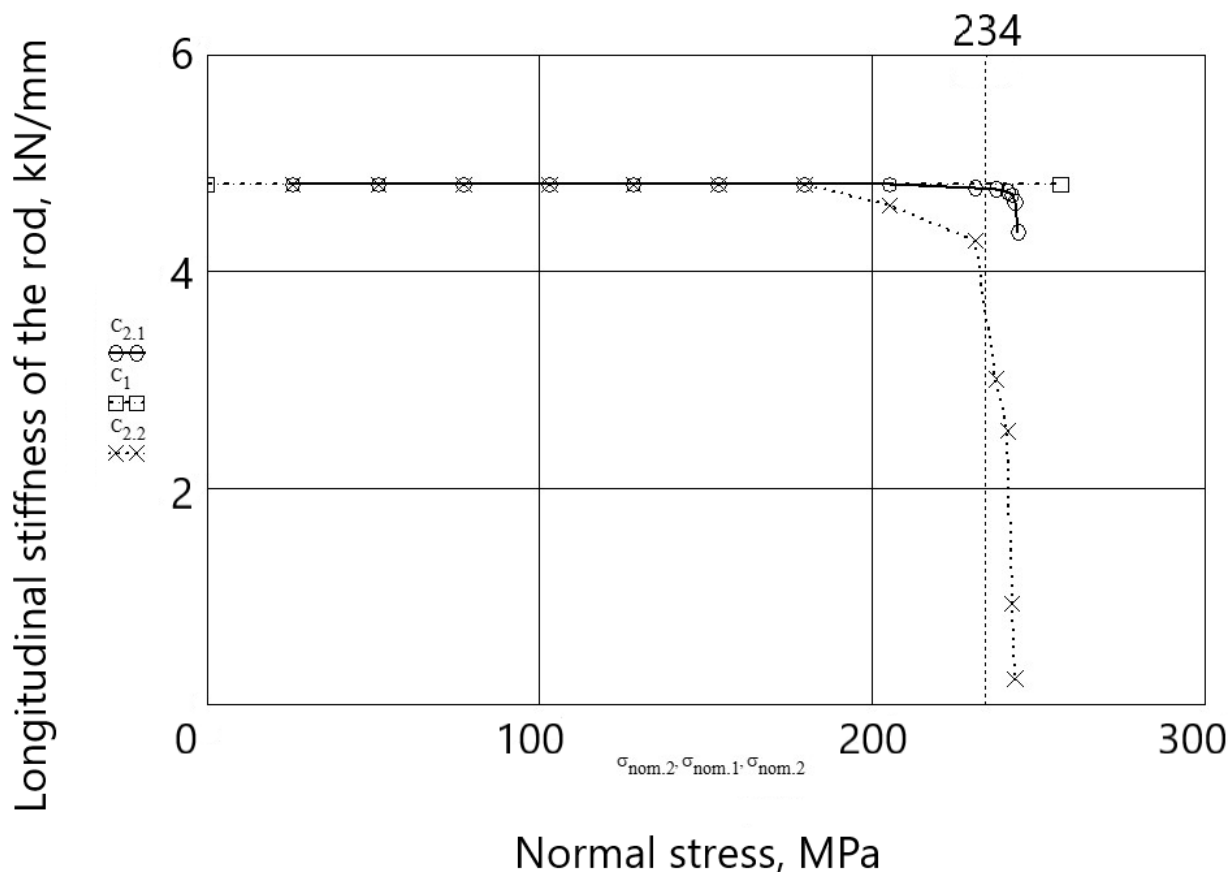


Рисунок 4 – Графики зависимости продольной жесткости стержня от номинальных напряжений при внецентренном нагружении

где C_1 – продольная жесткость стержня при внецентренном нагружении, тип элемента «Plate», модуль «Static»; $C_{1,1}$ – продольная жесткость стержня при внецентренном нагружении первым способом, тип элемента «Plate», модуль «NL Static»; $C_{2,2}$ – продольная жесткость стержня при внецентренном нагружении вторым способом, тип элемента «Plate», модуль «NL Static»; $\sigma_{nom,1}$ – номинальные напряжения в стержне при внецентренном нагружении, тип элемента «Plate», модуль «Static»; $\sigma_{nom,2}$ – номинальные напряжения в стержне при внецентренном нагружении, тип элемента «Plate», модуль «NL Static»

Из графиков зависимости, представленных на рисунке 4 видно, что

зависимость продольной жесткости стержня от номинальных напряжений линейная в случае «Static» анализа, в отличие от анализа «NL Static», где зависимости приобретают нелинейный характер при приближении к критическим напряжениям $\sigma_{\text{крит.GOST}} = 234$ МПа, полученными в аналитическом расчете по ГОСТ 33169-2022. При этом, при малых нагрузках зависимости отлично сходятся, что свидетельствует о протекании упругих деформаций, но по мере приближения к критическим напряжениям зависимости, построенные по результатам расчета в алгоритме «NL Static», свидетельствуют о начале пластических деформаций. Это обусловлено тем, что при нелинейном внецентренном расчете возникает неравномерное распределение нормальных и касательных напряжений по сечению стержня и перераспределение деформаций в стержне, что приводит к изменению его продольной жесткости.



Рисунок 5 – Деформированный стержень (конечно-элементная модель)

Расчет сжатого стержня численными методами в составе фермы

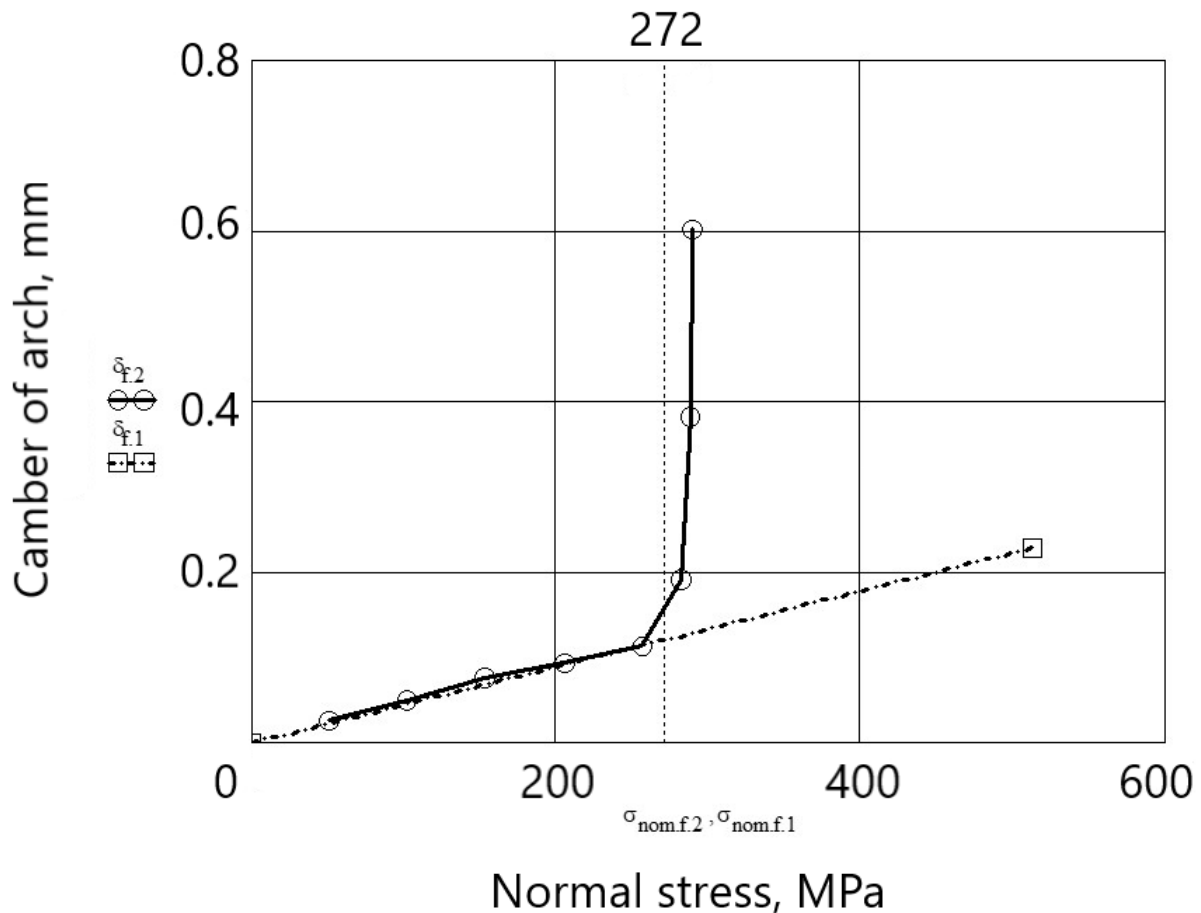


Рисунок 6 – Графики зависимости стрел прогиба от номинальных напряжений при нагружении стержня в составе фермы

где $\delta_{f.1}$ – стрела прогиба стержня в составе фермы при нагружении, тип элемента «Plate», модуль «Static»; $\delta_{f.2}$ – стрела прогиба стержня в составе фермы при нагружении, тип элемента «Plate», модуль «NL Static»; $\sigma_{nom.f.1}$ – номинальные напряжения в стержне в составе фермы при нагружении, тип элемента «Plate», модуль «Static»; $\sigma_{nom.f.2}$ – номинальные напряжения в стержне в составе фермы при нагружении, тип элемента «Plate», модуль «NL Static»

Из графиков зависимости, представленных на рисунке 6 видно, что зависимость стрелы прогиба от номинальных напряжений линейная в случае «Static» анализа. Для случая анализа «NL Static» зависимость приближена к линейной до момента приближения к критическим напряжениям $\sigma_{крит.fer.GOST} = 272$ МПа, где зависимость приобретает нелинейный характер. Это говорит о том, что

линейный расчёт не учитывает способность конструкции менять своё сопротивление деформации во времени, в свою очередь, на нелинейной зависимости виден переход от упругих деформаций к пластическим. При этом графики зависимостей хорошо сходятся в упругой зоне и начинают расходиться по мере приближения к критическим напряжениям.

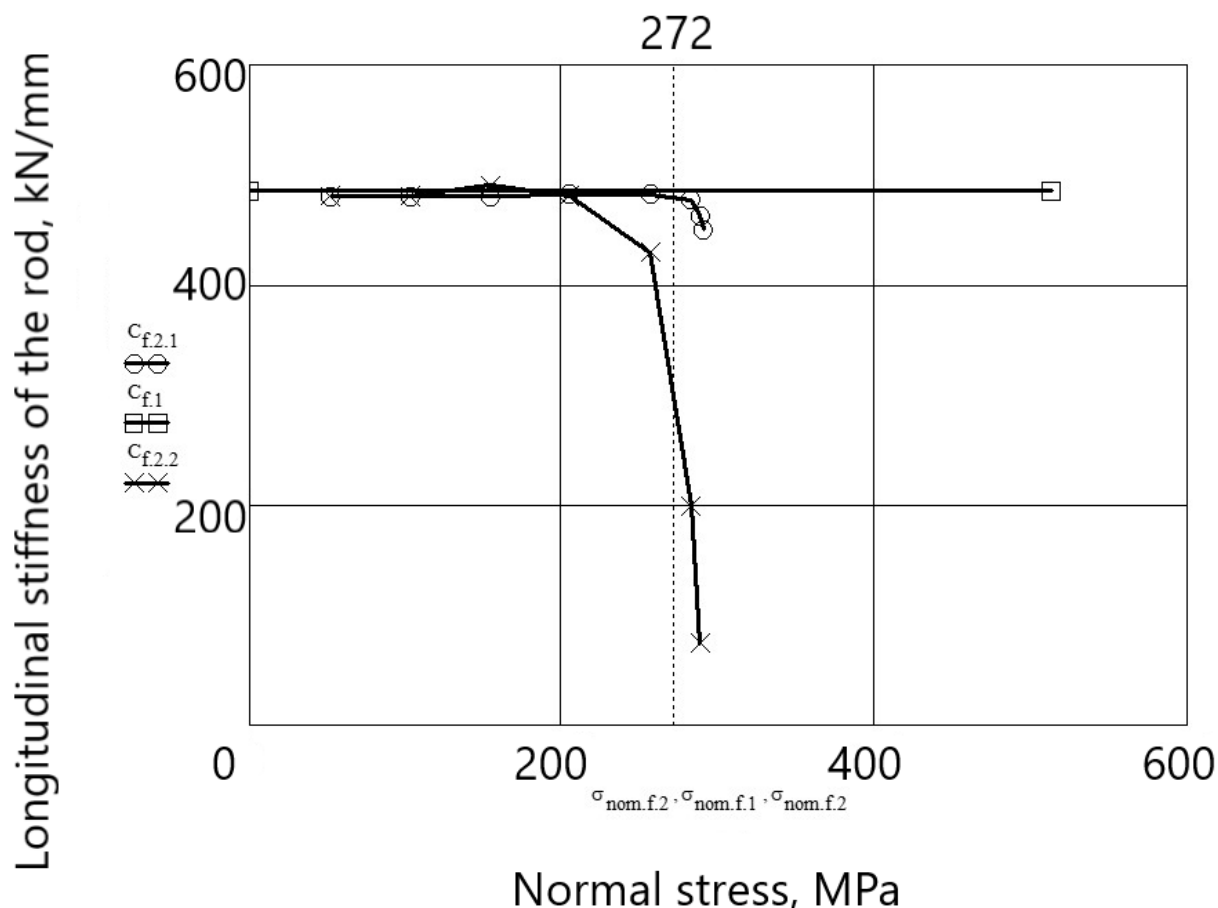


Рисунок 7 – Графики зависимости продольной жесткости стержня от номинальных напряжений при нагружении стержня в составе фермы

где $C_{f.1}$ – продольная жесткость стержня в составе фермы при нагружении, тип элемента «Plate», модуль «Static»; $C_{f.2.1}$ – продольная жесткость стержня в составе фермы при нагружении первым способом, тип элемента «Plate», модуль «NL Static»; $C_{f.2.2}$ – продольная жесткость стержня в составе фермы при нагружении вторым способом, тип элемента «Plate», модуль «NL Static»; $\sigma_{nom.f.1}$ – номинальные напряжения в стержне в составе фермы при нагружении, тип

элемента «Plate», модуль «Static»; $\sigma_{nom.f.2}$ – номинальные напряжения в стержне в составе фермы при нагружении, тип элемента «Plate», модуль «NL Static»

Из графиков зависимости, представленных на рисунке 7 видно, что зависимость продольной жесткости стержня от номинальных напряжений линейная в случае «Static» анализа, в отличие от анализа «NL Static», где зависимости приобретают нелинейный характер при приближении к критическим напряжениям $\sigma_{крит.fer.GOST} = 272$ МПа, полученными в аналитическом расчете по ГОСТ 33169-2022. Заметим, что на начальных этапах нагружения зависимости хорошо сходятся, что свидетельствует о протекании упругих деформаций, но по мере приближения к критическим напряжениям зависимости, построенные по результатам расчета в алгоритме «NL Static», приобретают нелинейный характер, что свидетельствуют о начале пластических деформаций. Это обусловлено тем, что при нелинейном внецентренном расчете возникает неравномерное распределение нормальных и касательных напряжений по сечению стержня и перераспределение деформаций в стержне, что приводит к изменению его продольной жесткости.

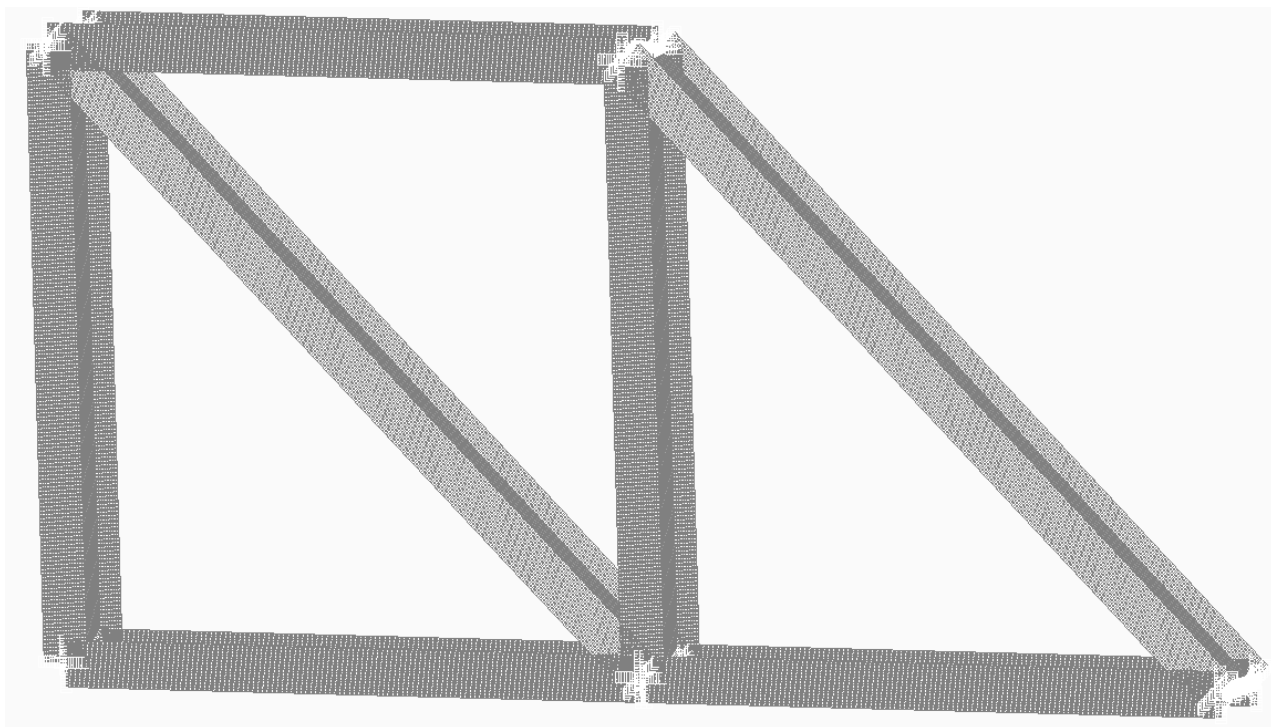


Рисунок 8 – Конечно-элементная модель фермы

Проведенный анализ показал, что и аналитические и численные методы расчета на устойчивость имеют особенности, которые необходимо учитывать.

В результате исследования установлено, что обе группы методов необходимо применять в инженерной практике. Выбор метода моделирования должен основываться на конкретных условиях задачи, требуемой точности и доступных ресурсах. Аналитические методы расчета отлично подходят для вычисления критических сил и напряжений, но только для простых конструкций и вариантов нагружения.

В более сложных конструкциях для определения критических напряжений целесообразно использовать алгоритм «Buckling», так как при помощи него можно точно смоделировать закрепления конструкции и, приложив необходимую нагрузку, получить коэффициент (множитель) нагрузки. Данный коэффициент позволит вычислить критические напряжения, которые сходятся с аналитическими расчетами, что подтверждено приведенным выше анализом. Особенностью алгоритма «Buckling» является игнорирование эксцентриситета приложения нагрузки. Кроме того, алгоритм не учитывает геометрические несовершенства элементов конструкции, которые значительно понижают критические напряжения конструкции в целом и влияют на форму напряженно-деформированного состояния (НДС). Важно отметить, что алгоритм «Buckling» не учитывает пластику, так как основан на упругой теории Эйлера.

Несмотря на вышесказанное, алгоритм расчета устойчивости «Buckling» в инженерной практике необходим по нескольким причинам:

- оценка критической нагрузки: Алгоритм позволяет определить критическую нагрузку, при которой элементы конструкции могут потерять устойчивость;
- простота и быстрота расчетов: Методы расчета устойчивости обычно проще и быстрее, чем более сложные нелинейные анализы. Это позволяет инженерам быстро оценить устойчивость конструкций на ранних этапах проектирования;
- сравнение различных вариантов: Использование метода позволяет легко

сравнивать различные конструкции или материалы по их устойчивости, что помогает в принятии обоснованных решений в процессе проектирования;

– соответствие нормативам: Многие строительные нормы и стандарты требуют выполнения расчетов на устойчивость. Применение алгоритма помогает обеспечить соответствие этим требованиям;

– общая оценка поведения конструкции: Хотя алгоритм не учитывает пластические деформации и искривления, он все же дает представление о поведении конструкции под сжимающими нагрузками, что является важной частью анализа.

Численный расчет конструкции с применением «Beam» конечного элемента целесообразно производить для общей оценки работоспособности конструкции с простыми вариантами нагружения и предварительного подбора сечения, как начальной точки для последующего построения более сложной конечно-элементной модели и углубленного анализа, если это необходимо.

Анализируя особенности алгоритма нелинейного расчета «NL Static», стоит отметить, что он не позволяет получить значения критических напряжений, что ставит под сомнения его применимость в инженерной практике, так как он трудозатратен, особенно для больших конструкций сложной конфигурации. Однако, совокупность применения алгоритмов «Buckling» и «NL Static» предоставляет возможно для точного и эффективного расчёта конструкций. Алгоритм «Buckling» позволяет получить критические напряжения, как было сказано выше, при этом алгоритм «NL Static» учитывает пластику и позволяет смоделировать геометрические несовершенства конструкции, а также по рекомендациям стандартов и нормативов учесть неточность приложения нагрузки путем приложения нагрузки с нормированным эксцентриситетом.

Совокупность применения этих численных методов позволяет инженеру получить критические напряжения, смоделировать конструкцию, приближенную к реальной, путем наложения связей (закреплений) и моделировании несовершенств. Всё это в последующем позволяет инженеру более точно оценить возможность конструкции к потере устойчивости.

Список литературы

1. M. Bandyopadhyay, A. K. Banik, «Numerical modeling and nonlinear analysis of semi-rigid jointed steel frames», / 12th Structural Engineering Convention - An International Event, pp. 251-258, 2022.
2. A. G. Razdolsky, “Revision of Engesser’s approach to the problem of Euler stability for built-up columns with batten plates,” Journal of Engineering Mechanics, vol. 140, no. 3, pp. 566–574, 2014.
3. X.-F. Li and K. Y. Lee, “Effects of Engesser’s and Haringx’s hypotheses on buckling of Timoshenko and higher-order shear-deformable columns,” Journal of Engineering Mechanics, vol. 144, no. 1, article 04017150, 2018.
4. A. Ziolkowski and S. Imielowski, “Buckling and post-buckling ’ behaviour of prismatic aluminium columns submitted to a series of compressive loads,” Experimental Mechanics, vol. 51, no. 8, pp. 1335–1345, 2010.
5. J. Becque, “Inelastic plate buckling,” Journal of Engineering Mechanics, vol. 136, no. 9, pp. 1123–1130, 2010.
6. M. Ahmed, Q. Q. Liang, V. I. Patel, and M. N. S. Hadi, “Nonlinear analysis of rectangular concrete-filled double steel tubular short columns incorporating local buckling,” Engineering Structures, vol. 175, pp. 13–26, 2018.
7. Y.-L. Long and L. Zeng, “A refined model for local buckling of rectangular CFST columns with binding bars,” /in-Walled Structures, vol. 132, pp. 431–441, 2018.
8. F. Papp, “Buckling assessment of steel members through overall imperfection method,” Engineering Structures, vol. 106, pp. 124–136, 2016.
9. J. Szalai, “Complete generalization of the Ayrton-Perry formula for beam-column buckling problems,” Engineering Structures, vol. 153, pp. 205–223, 2017.
10. L. Yang, G. Shi, M. Zhao, and W. Zhou, “Research on interactive buckling behavior of welded steel box-section columns,” /in-Walled Structures, vol. 115, pp. 34–47, 2017.
11. H. Ban and G. Shi, “Overall buckling behaviour and design of high-strength steel welded section columns,” Journal of Constructional Steel Research, vol. 143, pp. 180–195, 2018.

12. T.-Y. Ma, Y.-F. Hu, X. Liu, G.-Q. Li, and K.-F. Chung, “Experimental investigation into high strength Q690 steel welded H-sections under combined compression and bending,” *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 138, pp. 449–462, 2017.
13. Gaioz Partskhaladze, Ingusha Mshvenieradze, Elguja Medzmariashvili, Gocha Chavleshvili, Victor Yepes, Julian Alcala, « Buckling Analysis and Stability of Compressed Low-Carbon Steel Rods in the Elastoplastic Region of Materials», *Advances in Civil Engineering* Volume 2019, Issue 1
14. ГОСТ 33169-2022. Краны грузоподъемные. Металлические конструкции. Подтверждение несущей способности.
15. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции.
16. ГОСТ Р 57837-2017. Двутавры стальные горячекатанные с параллельными гранями полок. Технические условия.
17. СП 294.1325800.2017. Конструкции стальные. Правила проектирования.

УДК 004.9

**ПРИМЕНЕНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПЕТРИ ПРИ
ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ПОСЕВА С
УЧЕТОМ ВОЗМОЖНЫХ ОТКАЗОВ АГРЕГАТОВ**

Чеботарев Вячеслав Алексеевич

Подпругина Ирина Вячеславовна

Назина Софья Леонидовна

Подпругин Александр Ильич

преподаватели

Инжиниринговый колледж,

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский
университет», город Белгород

***Аннотация.** В статье рассмотрено применение иерархических сетей Петри для имитационного моделирования процесса посева с учетом возможных отказов агрегатов. Представлена диаграмма деятельности UML, описана структура иерархической сети Петри, включающая верхний уровень взаимодействия агрегатов и вложенные подсети, моделирующие работу отдельных устройств и отказы. Показаны возможности расчета показателей надежности и проведения имитационных экспериментов.*

The article considers the application of hierarchical Petri nets for simulation modeling of the sowing process taking into account possible failures of units. A UML activity diagram is presented, the structure of a hierarchical Petri net is described, including the top level of unit interaction and nested subnets simulating the operation of individual devices and failures. The possibilities of calculating reliability indicators and conducting simulation experiments are shown.

***Ключевые слова:** иерархические сети Петри, имитационное моделирование, посевной комплекс, надежность, отказы агрегатов, диаграмма*

деятельности UML, показатели готовности

Keywords: *hierarchical Petri nets, simulation modeling, sowing complex, reliability, unit failures, UML activity diagram, availability indicators*

Современные посевные комплексы за один проход выполняют предпосевную обработку, дозирование, транспортировку и заделку семян. Отказ любого агрегата может остановить цикл и вызвать потери в жесткие сроки [1]. Имитационное моделирование недостаточно используется для оценки влияния отказов на готовность комплекса; одновременный учет автоматически устранимых, ручных и неустранимых отказов не исследован [2].

Последовательность посева показана на (рис. 1) в виде UML-диаграммы деятельности с дорожками агрегатов: бункерный модуль подает и дозирует материал, пневмосистема смешивает, транспортирует и распределяет семена, почвообрабатывающий модуль готовит ложе, образует борозду и укладывает семена, прикатывающий модуль заделывает борозду и уплотняет почву [3].

Классическая сеть Петри $S = \{P, T, I, O\}$ удобна для дискретных событий и параллельных ветвей, но громоздка для сложных систем. Иерархическое расширение $HPN = \{P, T, I, O, H, \pi\}$ заменяет переходы верхнего уровня вложенными подсетями с интерфейсными позициями, строится сверху вниз или снизу вверх, сохраняет свойства классической сети и позволяет анализировать систему на разных уровнях абстракции [4].

На основе иерархической сети Петри рассчитываются показатели надежности – коэффициент готовности, технического использования, наработка на отказ, время восстановления, вероятность безотказной работы. Иерархия позволяет оценить вклад устройств и обосновать обслуживание и резервирование. Сеть служит основой имитационных экспериментов: варьируя отказы, восстановление и условия, проводят расчеты методом Монте-Карло и анализ чувствительности. Сценарный анализ сравнивает стратегии ремонта и резервирования, обеспечивая переход к проактивному управлению. Сети Петри также проверяют достижимость, отсутствие тупиков, ограниченность и живость, а инварианты выявляют ошибки в логике взаимодействия.

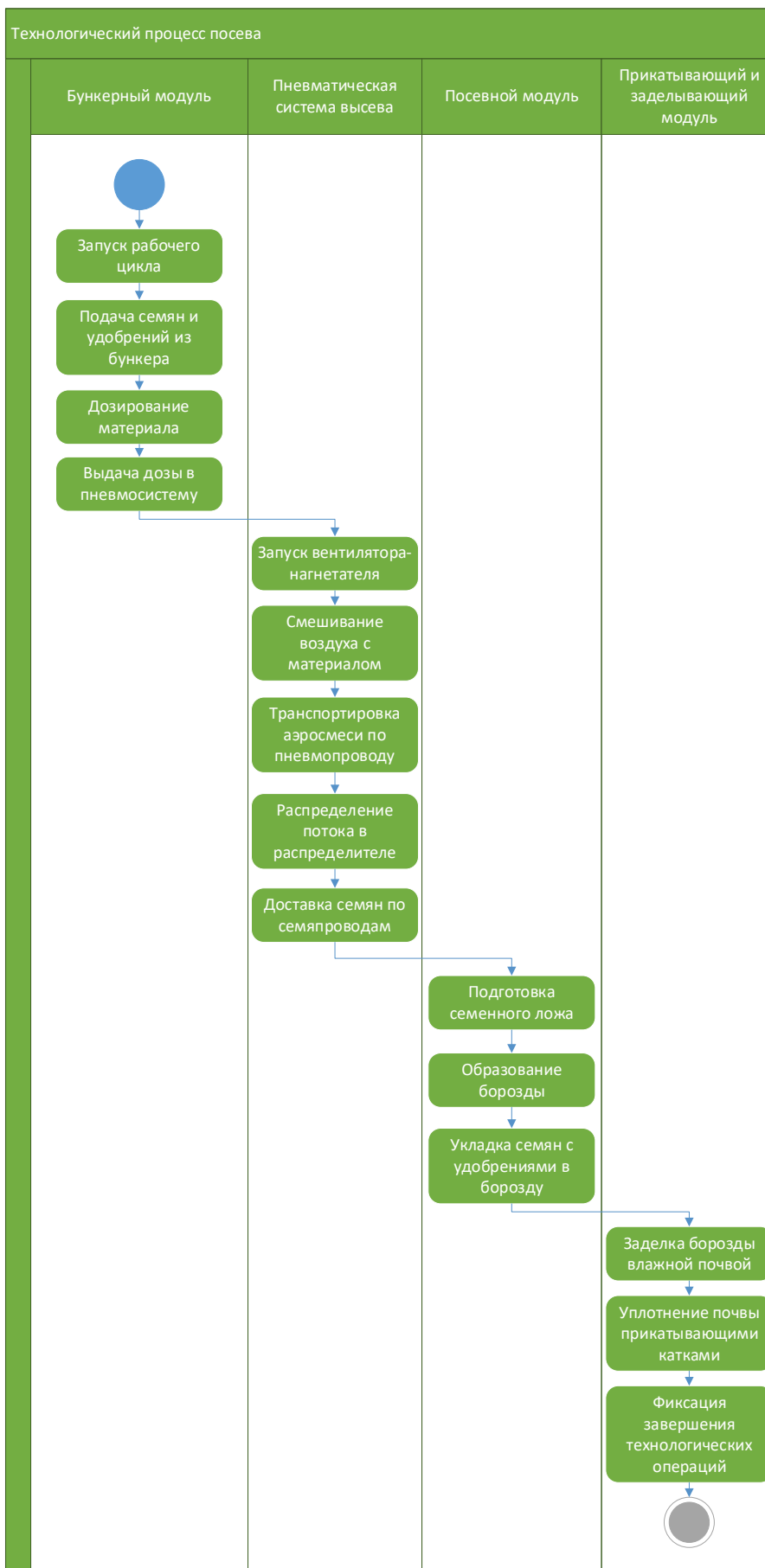


Рисунок 1 – Диаграмма деятельности UML процесса посева

Верхний уровень сети Петри (рис. 2) отражает взаимодействие агрегатов, отказы и журналирование. Каждому агрегату – автоматический, ручной и неустраняемый ремонт, журнал фиксирует события.

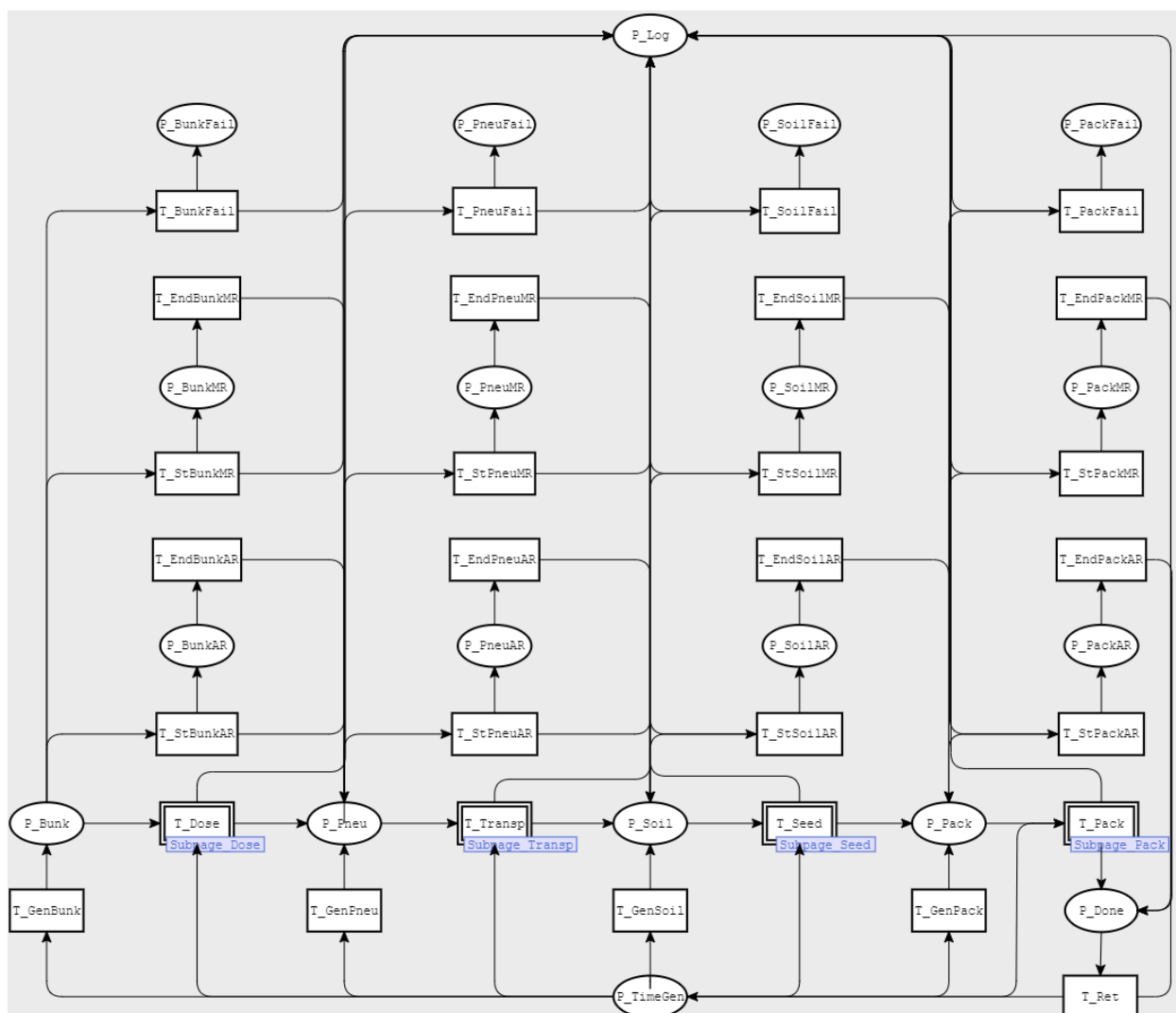


Рисунок 2 – Верхний уровень сети Петри

По иерархической сети Петри рассчитывают показатели надежности: готовность, техническое использование, наработку на отказ, время восстановления, вероятность безотказной работы. Иерархия позволяет оценить вклад устройств и обосновать обслуживание и резервирование. Сеть служит основой имитационных экспериментов: варьируя отказы, восстановление, стратегии и условия, проводят расчеты методом Монте-Карло, анализ чувствительности и сценариев, обеспечивая переход к проактивному управлению. Она также позволяет проверять достижимость, отсутствие тупиков, ограниченность и живость, а инварианты выявляют ошибки логики взаимодействия.

На (рис. 3) показана вложенная подсеть бункерного модуля для перехода T_Dose. Внутри последовательно срабатывают T_StartDose, T_Metering и T_Eject; состояния устройств — P_Bunk_Drive, P_Bunk_Feed и P_Bunk_Dose. Для устройств предусмотрены ветви отказов и восстановлений, как на верхнем уровне.

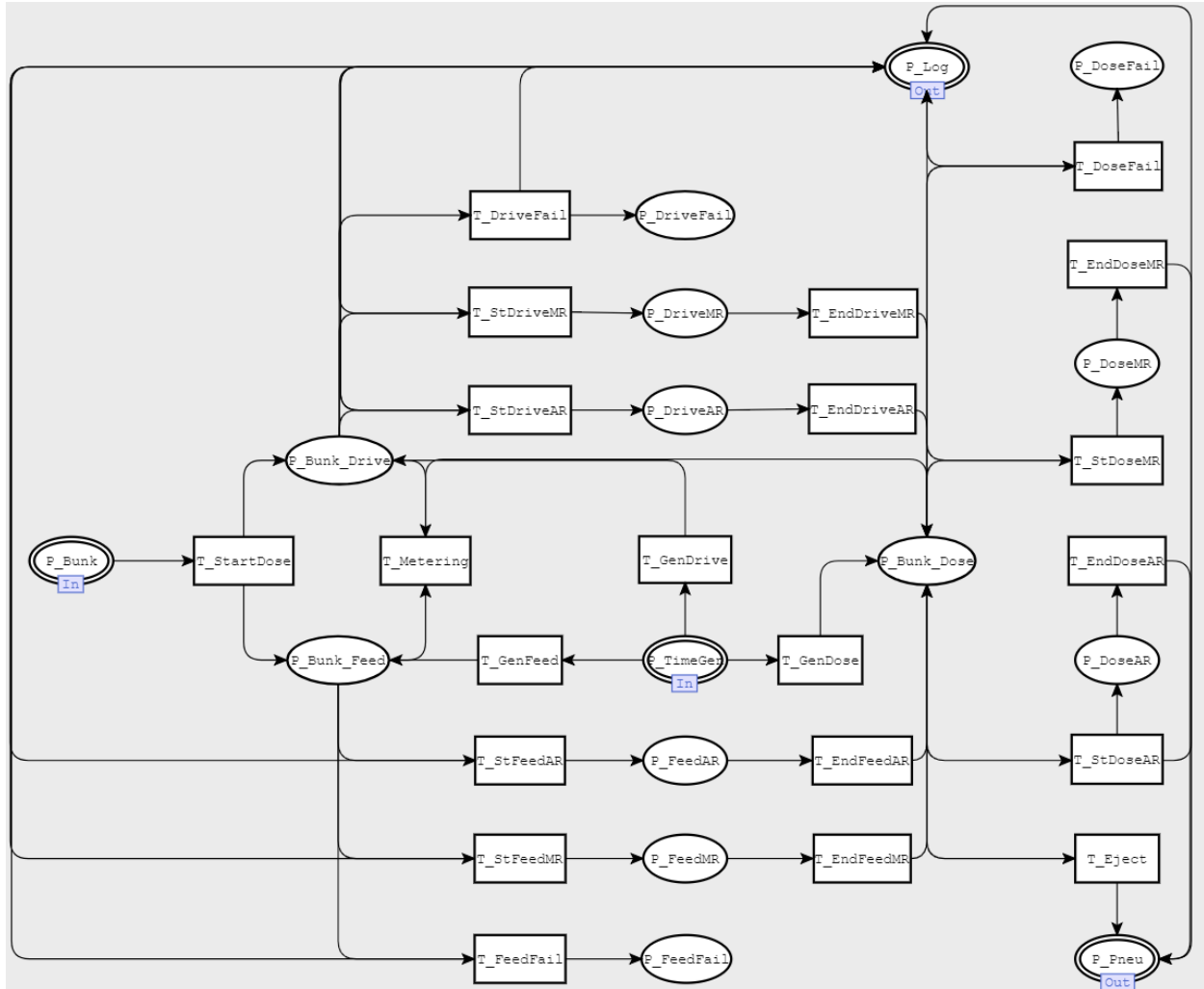


Рисунок 3 – Вложенная подсеть бункерного модуля (раскрытие перехода T_{Dose})

Применение иерархических сетей Петри к посеву опирается на естественную иерархию модулей комплекса. Верхний уровень моделирует взаимодействие агрегатов, отказы и журналирование. Любую подсеть можно заменить агрегированной, изменить число уровней, добавить типы отказов или марковские переходы для учета влажности и тягового сопротивления.

Преимущества – модульность, гибкая детализация, описание параллелизма и конфликтов, стохастические расширения и расчет показателей надежности.

Ограничения – много параметров, идентификация при отсутствии статистики, рост размерности, верификация логики отказов.

Иерархические сети Петри эффективны для имитационного моделирования посева с отказами: формализуют процесс на разных уровнях, моделируют автоматически устранимые, ручные и неустраняемые отказы, ведут журнал, учитывают стохастичность и позволяют оценивать готовность и регламенты обслуживания. Перспективы – комплексирование с сетями Петри–Маркова и интеграция с IoT и цифровыми двойниками.

Список литературы

1. Клешина, В. И. Надежность пневматического посевного комплекса на операциях высева семян / В. И. Клешина, Н. Н. Клешин, М. К. Бураев / Вестник ВСГУТУ. – 2022. – № 4(87). – С. 35-39. – DOI 10.53980/24131997_2022_4_35.

2. Орлов, С. П. Имитационные модели на сетях Петри для анализа процессов обслуживания и ремонта сложных технических систем / С. П. Орлов, С. В. Сусарев / Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2022. – Т. 30, № 4(76). – С. 49-75. – DOI 10.14498/tech.2022.4.4.

3. Марков, А. В. Автоматизация проектирования и анализа программного обеспечения с использованием языка UML и сетей Петри: специальность 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Марков Александр Владимирович, 2015. – 176 с.

4. Соколов, А. П. Имитационное моделирование производственного процесса заготовки древесины с помощью сетей Петри / А. П. Соколов, Е. В. Осипов / Лесотехнический журнал. – 2017. – Т. 7, № 3(27). – С. 307-314. – DOI 10.12737/article_59c2140d704ae5.63513712.

АРХИТЕКТУРА

УДК 728

ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ ГОРОДА В СТРАНАХ АФРИКИ

Да Фонсека В. К. Моржадину

аспирант

кафедра архитектуры и реставрации,

Халиль Иван

кандидат архитектуры

кафедра архитектуры и реставрации,

Российский университет дружбы народов (РУДН),

г. Москва, Россия

Аннотация. В статье кратко описывается парадигма развития новых городов в странах Африки, где урбанизация набирает стремительные темпы. Расширение урбанизации порождает новую динамику инвестиций и мобильности, которая оказывает преобразующее воздействие на городские земли и застроенную среду континента. Эти преобразования напрямую определяют перспективы формирования устойчивых условий жизни для городского населения Африки.

Ключевые слова: Африка, урбанизация в Африке, новые города Африки, городской неолиберализм

Abstract. This article briefly outlines the paradigm of new city development in African countries, where urbanization is accelerating at a rapid pace. The expansion of urbanization gives rise to a new dynamic of investment and mobility, which exerts a transformative impact on the continent's urban lands and built environment. These transformations directly shape the prospects for establishing sustainable living conditions for Africa's urban population.

Key words: *Africa, urbanization in Africa, new cities in Africa, urban neoliberalism*

Введение

Мир сосредоточен в городах. Ни один регион планеты не урбанизируется так быстро, как страны Африки к югу от Сахары. Представление об Африке как о континенте традиционных деревень и небольших городов ошибочно: она всегда включала в себя множество городских и сельских поселений. Однако за последние годы её города выросли стремительно, и ряд демографических исследований прогнозирует, что к началу 2030-х годов около половины всех африканцев будут проживать в городских районах. Ожидается, что к 2050 году население континента, составляющее ныне около 1,1 миллиарда человек, увеличится почти на 60%. Около 80% этого роста придётся на крупные мегаполисы, прежде всего, на их неформальные поселения [7]. Урбанизация в Африке набирает стремительные темпы: расширение урбанизации порождает новую динамику инвестиций и мобильности, которая оказывает преобразующее воздействие на городские земли и застроенную среду континента. Эти преобразования напрямую определяют перспективы формирования устойчивых условий жизни для городского населения Африки. Взрывной рост, сегрегация и социально-пространственная сложность городских периферий усилились с утверждением неолиберальной, конкурентной и неравной модели городского развития. Цель данного исследования, кратко представить ключевые факторы, определяющие развитие новых городов в Африке, в контексте стремления к устойчивому и инклюзивному городскому развитию на континенте.

Основная часть

На практике реализация многих новых городских проектов (в том числе закрытых жилых комплексов для среднего и высшего классов) направлена на создание новых рабочих мест.

Однако городские инновации, столь необходимые Африке, не зарождаются в новых городах: они базируются на представлениях об урбанизации, заимствованных из других регионов мира. Модель западной

индустриализирующейся урбанизации, сопровождающейся формированием среднего класса, в большей части Африки встречается редко.

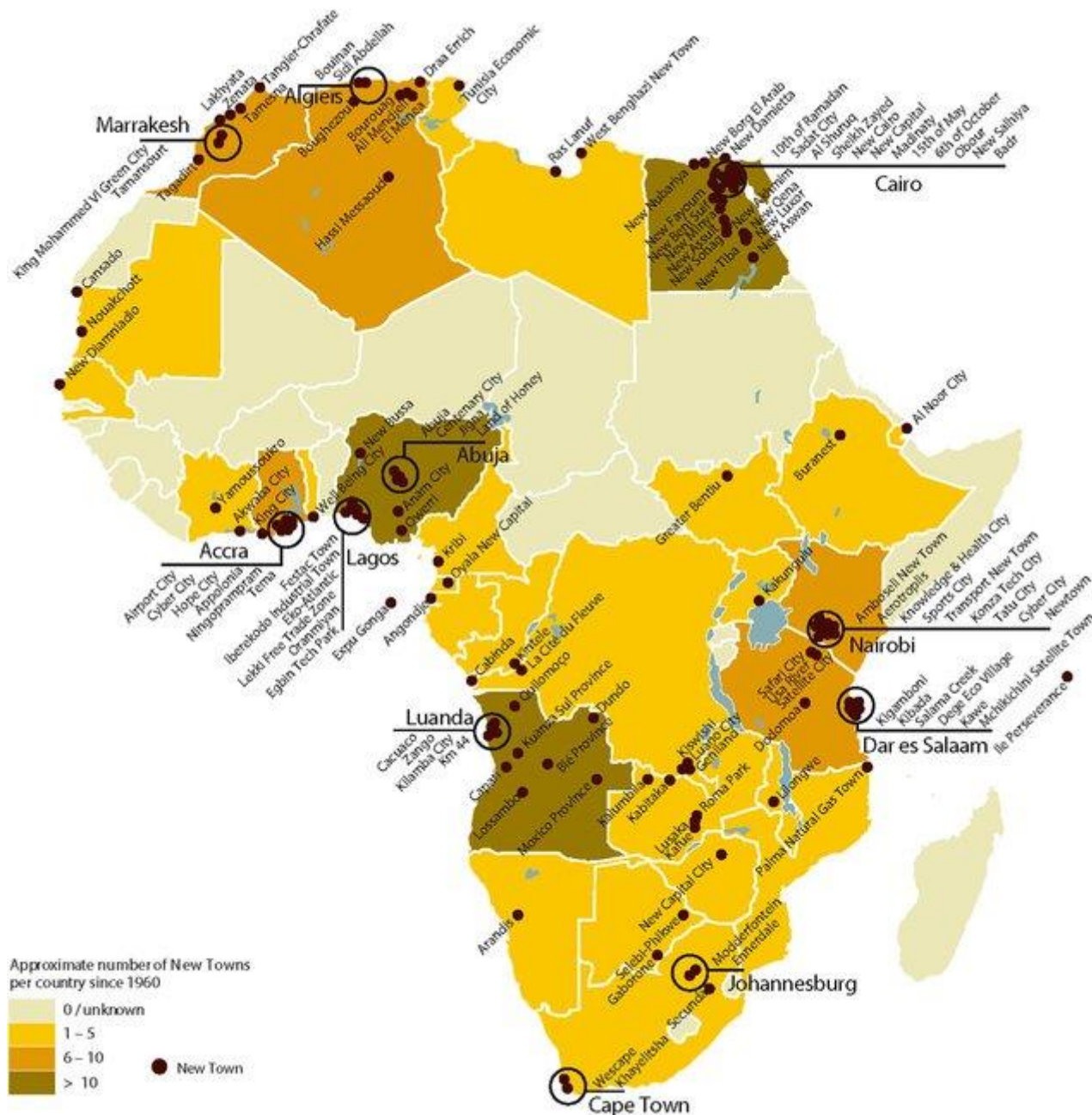


Рис. 1 - Размещение новых городов в Северной, Восточной, Западной и Южной Африке свидетельствует о том, что это явление широко распространено и развивается преимущественно вблизи существующих городских центров и вдоль береговой линии [6]

В большинстве случаев новые городские проекты на континенте реализуются частными компаниями и нередко выступают составной частью национальных стратегий экономического развития, поддерживаемых государством. В то же время города, развивавшиеся вне государственного контроля, стали почвой

для городского неолиберализма. Так, строительство нового закрытого города в окрестностях Луанды (Ангола) концентрирует инфраструктуру и услуги в руках немногочисленного состоятельного населения, исключая из них большинство бедных [8].

На рисунке 1 представлено множество новых городов на африканском континенте. Большинство проектов по-прежнему находятся на стадии планирования или реализации (а некоторые даже приостановлены). Преобладают пригородные проекты: закрытые жилые кондоминиумы, масштабная реконструкция центральных районов городов и государственные города-спутники, частично предназначенные для переселения жителей, вытесненных в ходе такой реконструкции. Таким образом, новые города, заявленные с соответствующей производственной составляющей, в частности, технологическими инновациями, зачастую существуют лишь в виде проектов будущего или находятся на самых ранних стадиях реализации. Очевидно, что отдельные районы Африки стали новыми рубежами для движения глобального инвестиционного капитала [3].



Рис. 2. Схема генерального плана Киламбы на ранней стадии [9].

Столкнувшись с жилищным кризисом, обусловленным обострением социально-пространственного неравенства, правительство взяло на себя обязательство построить один миллион домов за четыре года в рамках программы Meu

Sonho, Minha Casa по образцу бразильской программы Minha Casa, Minha Vida. Однако город-спутник Киламба в Луанде (рисунок 2), построенный в сотрудничестве с Китаем, оказался недоступным для большинства населения.

В этих условиях формируется модель двойного города, наиболее ярко проявляющаяся в Луанде: она подвержена глобальным потокам капитала и сопровождается ускоренной городской трансформацией, ориентированной на средний и высший классы, с возведением крупных инфраструктурных объектов, автомагистралей, инженерных сооружений и многофункциональных комплексов, а также закрытых жилых домов и высотных кондоминиумов [4].



Рис. 3. Вид с воздуха на Киламбу [9]

Новый город Киламба, один из первых проектов в портфеле анголо-китайского партнёрства, представляет собой крупный жилищный проект, расположенный на окраине Луанды, примерно в 30 километрах от неё. Архитектурное решение было разработано португальскими архитекторами под влиянием идей Ле Корбюзье и Лусио Косты (рисунок 3). Строительство полностью осуществлялось компанией CITIC, а правительство Анголы отвечало за обеспечение

транспортной связи между Луандой и Киламбой. Первоначальная цель проекта. размещение 200 тысяч жителей (впоследствии эта цифра значительно возросла). Комплекс включает 750 многоквартирных домов средней этажности (блоки лишь незначительно различаются по цвету фасадов), а также 17 школ, 24 детских сада и 240 торговых помещений для обслуживания жителей. Проект полностью финансируется за счёт китайской кредитной линии, погашаемой правительством Анголы поставками сырой нефти.

Строительство было официально завершено в 2012 году, однако из-за высоких процентных ставок по ипотечным кредитам большая часть зданий фактически пустовала: в Анголе на тот момент не сформировался достаточный средний класс, способный приобрести это жильё. Учитывая отсутствие функционирующих магазинов и школ в районе, у ангольцев не было реальных стимулов к переезду.

В феврале 2013 года было принято новое законодательство, изменившее условия проекта: правительство Анголы, объявило о плане субсидирования жилья для малоимущих. Это позволило снизить стоимость жилья в Киламбе почти на 50%, что вызвало значительный интерес к проекту: очереди у офиса продаж выстраивались на несколько дней вперёд [5]. Тем не менее продажи развивались медленно, и вторая половина 2013 года прошла в условиях неопределённости, что ещё больше подорвало доверие к проекту. В 2014 году первые жители получили ключи, и к 2015 году население составило 80 тысяч человек. Хотя Киламба официально заселён, на пути развития этого нового города по-прежнему существует ряд препятствий. Нехватка дорог, связывающих Киламбу с Луандой, вызывает серьёзные заторы в часы пик; на территории по-прежнему отсутствуют надлежащие медицинские учреждения; обеспечение образования остаётся острой проблемой для жителей комплекса.

По модели Киламбы создано множество новых городов в Африке, однако аналогичные проблемы сопровождают их развитие, и пока остаётся неясным, каким образом правительство Анголы намерено их решать.



Рис. 4. А — центр города Луанды; В — пригороды Луанды

Примечательно, что ориентированный на спрос и предложение характер ряда новых городских проектов в отличие от закрытых жилых комплексов для среднего и высшего классов направлен на создание новых рабочих мест.

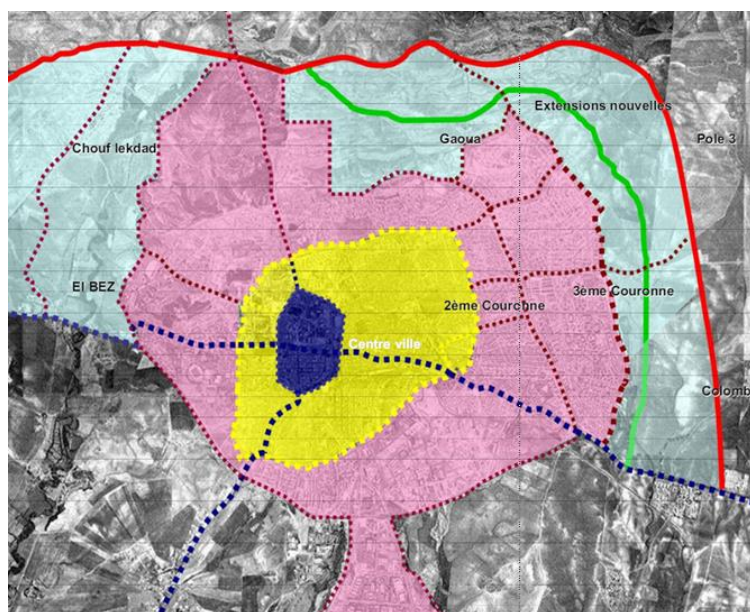
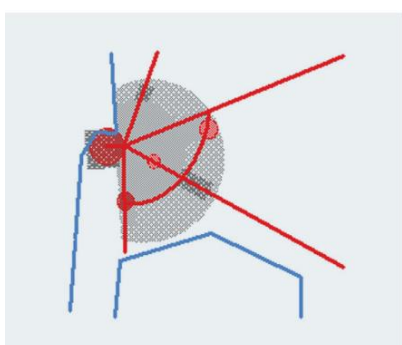


Рис 5. Городские преобразования в Сетифе

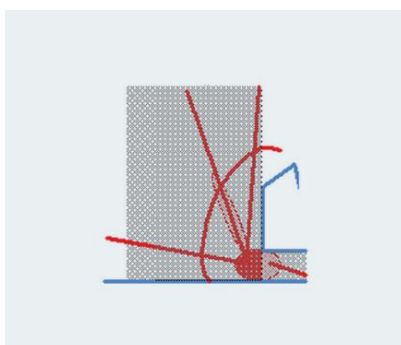
Быстрый рост населения после обретения независимости привёл к расширению городов за счёт новых районов многоквартирной застройки и комплексов индивидуального жилья, а в последнее время, за счёт развития государственного и частного жилищного строительства. Городское развитие ограничивалось новым строительством в ущерб обновлению исторического центра. По данным переписи населения, население Сетифа увеличилось с 80 тысяч человек (1966 год) до 287 600 человек (2008 год). Северные курганы и каменистые холмы города,

которые ранее из-за крутых склонов рельефа никогда не застраивались, в наши дни пользуются высоким спросом. Сегодня населённые пункты, считавшиеся ещё 30 лет назад второстепенными в муниципалитете Сетиф, уже стали его центрами [11].

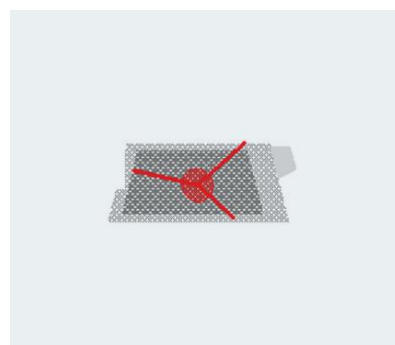
Однако городские инновации, столь необходимые Африке, не зарождаются в новых городах: они базируются на представлениях об урбанизации, заимствованных из других регионов мира. Модель западной индустриализирующей урбанизации, сопровождающейся формированием среднего класса, в большей части Африки встречается редко [1].



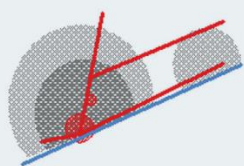
А. Кейптаун: 686 км²
при плотности насе-
ления 5000 человек/км.



Б. Лагос: 997 км² при
плотности населения 10
700 человек/км.



В. Найроби: 447 км²
при плотности насе-
ления 7700 человек/км.



Г. Аккра: 932 км² при
плотности населения
3300 человек/км.



Д. Дар-эс-Салам: 518
км² при 6600 чело-
век/км.

Рис. 6. Схема А–Д отображает форму, площадь и плотность избранных африканских городов, иллюстрируя степень их разнообразия [10]

В отличие от классических моделей, урбанизация в Африке (с оговоркой о неизбежном обобщении) характеризуется отсутствием продуктивной индустриализации и формальных экономических возможностей в городах при значительной доле неформальной экономики, ориентированной на выживание. Современные городские инвестиции открывают прежде всего возможности для спекуляций и быстрого извлечения прибыли от жилищного и коммерческого строительства, тем самым усиливая зависимый, внешний характер урбанизации. Таким образом, новые города, это прежде всего проекты, ориентированные на спекулятивное потребление, однако зачастую они также претендуют на символический глобальный статус в качестве «городов мирового класса».

Заключение

Как архитектура может способствовать решению ключевых проблем быстро растущих африканских городов с учётом культурного наследия и современных технологий на благо будущих поколений?

Представляется более целесообразным принимать меры по сокращению оттока населения из сельской местности, поскольку миграция сельских жителей в города порождает ряд проблем: неконтролируемый рост городских территорий, безработицу и нехватку инфраструктуры. Отток сельского населения, особенно из семейных фермерских хозяйств, представляет серьёзную проблему: миграция в города не только поглощает рабочие места и сокращает производство продовольствия, потребляемого всем обществом, но и усугубляет существующие социальные проблемы. Для сокращения оттока населения из сельской местности необходимо реализовать меры, улучшающие условия жизни в сельской местности и стимулирующие сохранение сельского населения.

Например, нигерийский архитектор Кунле Адейема разработал концепцию плавучих зданий для решения проблем наводнений, затрагивающих сотни тысяч людей в Нигерии и других прибрежных регионах Африки, в том числе 85 тысяч жителей трущоб Макоко в Лагосе. Его студия создала простой в изготовлении, недорогой и экологичный прототип плавучего здания, один из которых уже функционирует как школа в этом районе. В качестве пилотного проекта был

применён инновационный подход к удовлетворению социальных и физических потребностей общины с учётом последствий изменения климата и специфики стремительно урбанизирующегося африканского контекста.

Основная цель создание устойчивой, экологичной альтернативной строительной системы и формирование городской водной культуры для многочисленного населения прибрежных районов Африки [2]. Другой пример, разработка итальянского архитектора Артуро Виттори и его коллеги Андреаса Фоглера, спроектировавших низкотехнологичную башню, способную производить от 50 до 100 литров чистой питьевой воды в сутки без использования электрооборудования и независимо от наземных источников воды.

Эта недорогая и легко монтируемая башня была разработана специально для сельских общин в Эфиопии, не имеющих доступа к безопасной питьевой воде. Водонапорные башни Warka собирают дождевую воду, а также извлекают влагу из тумана и росы. Нехватка воды остаётся одной из наиболее актуальных проблем современности: за последние сто лет потребление водыросло более чем в два раза быстрее, чем численность населения. На Земле достаточно пресной воды для семи миллиардов человек, однако её распределение неравномерно, а значительная часть воды расходуется неэффективно, загрязняется и управляется нерационально. Скульптурные башни высотой примерно 9 метров, извлекающие питьевую воду из воздуха, могут быть развёрнуты практически повсеместно, создавая тем самым минимальные условия для выживания населения.

Башня Warka предназначена для сбора воды из атмосферы (дождь, туман, роса), обеспечивая альтернативный источник воды для сельского населения, сталкивающегося с проблемами доступа к питьевой воде [12].

Следует также отметить деятельность организации Justdiggит, основанной в 2009 году Питером Вестервельдом и Деннисом Карпесом с целью восстановления и озеленения деградированных ландшафтов, повышения биоразнообразия и положительного воздействия на климат. Глобальное потепление, чрезмерная эксплуатация сельскохозяйственных земель, вырубка лесов и чрезмерный выпас скота приводят к иссушению почвы. Засуха, в свою очередь, вызывает

опустынивание и деградацию земель, что затрудняет производство продовольствия, выращивание сельскохозяйственных культур, а также доступ к пресной воде и природным ресурсам, таким как топливо. Последствия засухи ощущаются ежедневно, особенно в уязвимых регионах, таких как страны Африки к югу от Сахары. Полукруглые земляные конструкции задерживают дождевую воду и восстанавливают растительность в местах, где природе трудно регенерироваться самостоятельно. Восстановленные пастбища используются как дикими животными, так и местными сообществами для выпаса скота.

Однако само по себе создание имиджа вряд ли приведёт к более широкому и столь необходимому продуктивному развитию; скорее, оно может спровоцировать гонку за привлечение инвестиций с последовательным снижением стандартов. Поскольку последствия строительства новых городов в Африке будут зависеть от конкретных механизмов управления, необходимы дополнительные эмпирические исследования в этой области. Помимо более глубокого изучения роли частного сектора и гражданского общества, необходимо раскрыть суть государственного участия: при более детальном рассмотрении действий и функций государства можно увидеть, насколько сложным является взаимодействие между формальными и неформальными институтами, властью и торговлей.

Список литературы

1. Adisu K., Sharkey T. The Impact of Chinese Investment in Africa 2010.
2. Archeyes Плавающая школа Макоко / Kunlé Adeyemi – NLÉ [Электронный ресурс]. URL: <https://archeyes.com/makoko-floating-school/>.
3. Cain A. African urban fantasies: Past lessons and emerging realities. 2014.
4. CITIC C. Views of suburban Luanda: banishing the ghosts from Kilamba / Africa research institute [Электронный ресурс]. URL: <https://www.Africaresearchinstitute.org/newsite/blog/views-of-suburban-luanda-banishing-the-ghosts-from-kilamba/>.
5. Karien L., Lategan L., Juanee Cilliers E. Reflections on Affordable and Sustainable Housing through the Angolan Model: A Case study of Nova Cidade de

Kilamba 2016.

6. Keeton R., Nijhuis S. Spatial challenges in contemporary African New Towns and potentials for alternative planning strategies 2019.

7. Muggah R. Estas são as cidades que mais crescem em África – e vão fazer ou quebrar o continente / Fórum Económico Mundial [Электронный ресурс]. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2016/05/africa-biggest-cities-fragility/>.

8. Parnell S., Robinson J. Retheorizing cities from the global south: looking beyond neoliberalism.

9. Phantom Urbanism Nova Cidade de Kilamba [Электронный ресурс]. URL: <https://phantom-urbanism.com/nova-cidade-de-kilamba.html>.

10. Pieterse E., Parnell S. Africa's Urban Revolution / E. Pieterse, S. Parnell, Zed Books, 2014. 320 с.

11. Samaï Bouadjadja S., Mazouz S. Современная архитектура в Сетифе (Алжир, 1930-1962). Выражение множества подходов / 2015. С. 86–89.

12. Warkawater Warka Tower is designed to harvest water from the atmosphere. [Электронный ресурс]. URL: <https://warkawater.org/warkatower/>.

ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 347.77

ГРАЖДАНСКО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СТРИМИНГА: МЕЖОТРАСЛЕВОЙ АСПЕКТ ПОИСКА БАЛАНСА ИНТЕРЕСОВ

Штайнбрехер Анастасия Владимировна

магистрант

Научный руководитель: Донец Наталья Александровна,

к.ю.н., доцент

ЧОУ ВО «Сибирский юридический университет»,

город Омск

***Аннотация.** В статье исследуется проблематика гражданско-правового регулирования стриминга в условиях его нахождения на стыке частного и публичного права. Автор показывает, что один акт трансляции одновременно порождает частноправовые и публично-правовые последствия, а механическое применение норм ГК РФ порождает системные противоречия в отношениях между стримерами, платформами и правообладателями. На основе анализа доктрины и опыта Европейского Союза сформулированы предложения по совершенствованию гражданско-правовых конструкций, регулирующих стриминговые отношения, в частности — о введении в часть четвертую ГК РФ категории «сообщение произведений в цифровом потоковом режиме» и об императивном ограничении пользовательских соглашений платформ.*

The article examines the issues of civil-law regulation of streaming in the context of its intersection with public law. The author demonstrates that a single act of broadcasting simultaneously generates both private-law and public-law consequences, and that the mechanical application of the provisions of the Russian Civil Code gives rise to systemic contradictions in the relations between streamers, platforms, and right

holders. Based on an analysis of legal doctrine, judicial practice, and the experience of the European Union, proposals are formulated for improving civil-law constructs governing streaming relations, in particular — the introduction into Part Four of the Civil Code of the Russian Federation of the category «communication of works in digital streaming mode» and the imperative limitation of platform user agreements.

Ключевые слова: стриминг, гражданское право, интеллектуальная собственность, межотраслевое регулирование, пользовательское соглашение, информационный посредник, сообщение произведений, цифровая среда

Keywords: streaming, civil law, intellectual property, cross-sectoral regulation, user agreement, information intermediary, communication of works, digital environment

В зарубежной доктрине правовое регулирование стриминга характеризуется как «серая зона в законе» (legal grey area), урегулированная общими положениями об интеллектуальной собственности, но требующая специальных правил. Действующие конструкции ГК РФ не поспевают за реальностью, где стример одновременно является пользователем платформы, создателем контента и субъектом предпринимательской деятельности. Цель статьи — на основе межотраслевого анализа выявить системные противоречия гражданско-правового регулирования стриминга и сформулировать предложения по совершенствованию законодательства в части защиты прав участников стриминговых отношений. Методологическую основу исследования составили межотраслевой подход, позволивший выявить точки соприкосновения частноправовых и публично-правовых механизмов регулирования стриминга, а также диалектический, формально-юридический и системно-структурный методы.

Традиционный критерий отраслевой принадлежности — предмет и метод правового регулирования — применительно к стримингу не работает. Например, трансляция видеоигры с комментариями и рекламной интеграцией одновременно представляет собой использование объектов интеллектуальной собственности (частное право), распространение рекламы и взаимодействие с потребителями (публичное право). А. Г. Дейнеко отмечает, что многие термины права

интеллектуальной собственности, разработанные в доцифровую эпоху, с большим трудом применяются к стримингу, что создает сложности с его квалификацией как способа использования исключительного права [2, с. 11–12]. Таким образом, один фактический состав порождает обязательства разной природы перед разными субъектами.

Частноправовое ядро стриминга образуют отношения между платформой, стримером и правообладателями. Пользовательское соглашение стримера с платформой имеет смешанную природу, сочетая элементы возмездного оказания услуг и абонентского договора (ст. 429.4 ГК РФ) [3, с. 89]. Отсутствие указания на публичный характер таких договоров создает риски: оператор формально вправе отказаться от исполнения при условии возмещения убытков (п. 2 ст. 782 ГК РФ) [3, с. 89–90]. В зарубежной доктрине для случаев массового использования контента разработан институт подразумеваемой лицензии (*implied license*), когда согласие правообладателя определяется исходя из его поведения [4, с. 115]. В российском праве этот институт не закреплён.

При этом одна трансляция может порождать и иные правовые последствия: Е. А. Смирнова обращает внимание на распространенную практику маскировки трудовых отношений под гражданско-правовые договоры с продюсерскими центрами [5, с. 320].

Публично-правовое измерение стриминга проявляется в защите потребителей и рекламном регулировании. Переход от «владения» цифровой копией к модели доступа по подписке создает системный дисбаланс: пользователь приобретает лишь ограниченное, отзывное право доступа, регламентированное лицензионными соглашениями с конечным пользователем - EULA [6, с. 105]. По своей правовой природе EULA представляет собой классический договор присоединения (ст. 428 ГК РФ). Хотя данная норма формально позволяет слабой стороне требовать изменения или расторжения обременительных условий, на практике этот защитный механизм малоэффективен. У рядового потребителя отсутствуют реальные рычаги влияния: он лишен возможности вести переговоры об условиях, а судебная защита зачастую экономически нецелесообразна из-за

незначительной стоимости цифровой подписки.

М. И. Воронцов, исследуя практику размещения рекламы в стримах, выявляет систематические нарушения стримерами требований ст. 18.1 Закона «О рекламе» о маркировке и идентификаторах [7, с. 125–127]. Частноправовая природа договора стримера с рекламодателем пересекается с публично-правовым запретом и ответственностью по ст. 14.3 КоАП РФ, однако размеры штрафов не создают существенных экономических сдержек для нарушителей, чьи доходы от спонсорских интеграций могут достигать миллионов рублей в день.

Опыт Европейского Союза демонстрирует работающую модель интеграции частного и публичного права. Если Директива (EU) 2019/770 усиливает позиции потребителей цифрового контента через императивные гарантии [6, с. 107], то Закон ЕС о цифровых рынках (Digital Markets Act, DMA) идет дальше, возлагая на крупнейшие цифровые платформы специальные публично-правовые обязанности. В частности, DMA требует от таких платформ обеспечения прозрачности в работе алгоритмов ранжирования и модерации контента, а также предоставления стримерам и пользователям реальных механизмов обжалования блокировок [1, с. 49–50]. Это не предложение о прямом заимствовании, а наглядное подтверждение того, что для преодоления дисбаланса в пользовательских соглашениях (EULA) одних лишь частноправовых конструкций недостаточно: необходим интеграционный подход, устанавливающий императивные публично-правовые рамки для цифровых экосистем.

Предложения по совершенствованию правового регулирования стриминга носят межотраслевой характер и предполагают как законодательные изменения, так и корректировку правоприменительной практики. В части законодательных изменений, опираясь на доктринальные разработки, целесообразно ввести в часть четвертую ГК РФ обобщенную категорию «сообщение произведений», охватывающую стриминг, потоковое вещание и иные интерактивные формы онлайн-вещания [8, с. 59–60]. Наряду с этим, для устранения дисбаланса в отношениях с платформами, необходимо установить императивные ограничения пользовательских соглашений (EULA) в части одностороннего изменения их

условий. Также в отраслевых стандартах следует закрепить элементы концепции «цифрового гражданства», включая гарантии прозрачности алгоритмов модерации, право пользователей на обжалование блокировок и возможность правопреемства в отношении цифровых аккаунтов и контента.

Стриминг представляет собой экосистему, в которой один акт трансляции порождает обязательства разной природы — договорные, деликтные, административные, публично-правовые. Ни одна отрасль в отдельности не даёт исчерпывающего ответа на вопрос о его квалификации. Интеграция частного и публичного начал — не теоретическая конструкция, а необходимое условие формирования предсказуемой правовой среды для всех участников стриминговых отношений. Реализация предложенных в статье мер — введение категории «сообщение произведений в цифровом потоковом режиме», императивное ограничение пользовательских соглашений, адаптация критериев добросовестного использования — позволит преодолеть фрагментарность действующего законодательства, снизить транзакционные издержки участников оборота и обеспечить устойчивое развитие стриминговой индустрии в Российской Федерации. Дальнейшие перспективы исследования связаны с разработкой отраслевых стандартов пользовательских соглашений и унификацией судебной практики по спорам о статусе информационного посредника.

Список литературы

1. Дмитрик Н. А. Частное, публичное, цифровое: в поисках системы координат для права / Закон. 2023. № 12. С. 45–52.
2. Дейнеко А. Г. Стриминг на лезвии частного и публичного права / Труды по интеллектуальной собственности. 2025. Т. 52. № 1. С. 8-18.
3. Чурилов А. Ю. Правовое регулирование облачного гейминга / Актуальные проблемы российского права. 2022. Т. 17. № 8(141). С. 85–92.
4. Толмачева Е. А. Подразумеваемая лицензия (implied license) как способ предоставления права использования объектов авторского права / Вестник науки. 2023. № 8(65). С. 112–118.

5. Смирнова, Е. А. Стриминг: цифровая занятость в эпоху глобализации. Перспективы правового регулирования / Поворот на Восток: тенденции изменения институтов права и государства в эпоху глобализации и цифровизации: Материалы VII Тихоокеанского юридического форума, посвященного празднованию 65-летия непрерывного юридического образования на Дальнем Востоке России, Владивосток, 13 октября 2023 года. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2023. – С. 318-320. – EDN CYUSWV.

6. Бородина, А. В. Правовое регулирование цифрового контента и услуг по подписке: проблемы «владения» и доступа потребителя в условиях изменяющихся лицензионных моделей / А. В. Бородина, Е. Д. Журавлева, М. А. Кулебакина / Ломоносов: сборник статей XX Международного конкурса молодых учёных, Пенза, 15 декабря 2025 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2025. – С. 104-109. – EDN PPGLZA.

7. Воронцов М. И. Реклама в стриминге: проблемы практики и пути ее регулирования / Вопросы российского и международного права. 2025. Т. 15. № 6А. С. 123–132.

8. Пушкин А. М. Совершенствование правового регулирования вопросов использования произведений в информационно-телекоммуникационных сетях / Юрист. 2021. № 9. С. 55–60.

**«НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ: СОВРЕМЕННОЕ
СОСТОЯНИЕ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ»**
XXII Международная научно-практическая конференция
Научное издание

ООО «НИЦ ЭСП» в ЮФО
(Подразделение НИЦ «Иннова»)
353445, Россия, Краснодарский край, г.-к. Анапа,
ул. Весенняя, 8, оф. 1
Тел.: 8-800-201-62-45; 8 (861) 333-44-82

Подписано в печать 28.09.2026 г. Формат 60х84/16. Усл. печ. л. 3,26
Бумага офсетная. Печать: цифровая. Гарнитура шрифта: Times New Roman
Тираж 50 экз. Заказ 155