

К вопросу о стадиях жизненного цикла строительных систем в контексте принципов информационного моделирования

С.Г. Абрамян, О.В. Бурлаченко, О.В. Оганесян, Е.Д. Соболева, А.О.

Бурлаченко, В.В. Плешаков

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: В статье рассмотрены базовые принципы информационного моделирования строительных систем, лежащие в основе технологии BIM, и подчеркнута важность их взаимодействия, поскольку от этого зависит правильность и эффективность BIM-процесса. Дана характеристика традиционной и некоторых базовых кривых жизненного цикла товаров (продукции), которые нашли применение в теории маркетинга. Отмечено, что каждая стадия жизненного цикла объекта строительства требует глубокого изучения и детальной проработки, так как анализ научных публикаций и действующего нормативного документа, посвященных вопросам информационного моделирования, выявил их противоречие друг другу по некоторым позициям.

Ключевые слова: информационное моделирование, принципы, кривые жизненного цикла, объект капитального строительства, нормативный документ.

Современный этап развития строительной отрасли невозможно представить без применения цифровых технологий. Реализация инновационного подхода к строительной индустрии на основе цифровизации является одним из главных этапов повышения конкурентоспособности строительных услуг в глобальном масштабе [1]. В связи с этим, в настоящее время в мире наблюдается огромный интерес к информационному моделированию и созданию различных программных продуктов, поддерживающих цифровые технологии на различных стадиях жизненного цикла строительной системы, рассматриваются основные преимущества их применения и проблемы внедрения.

В частности, в научных публикациях [2–4] отмечается важность и эффективность использования BIM-технологий (BIM от англ. Building Information Model), подчеркиваются их преимущества. Проблемы внедрения BIM-технологий в строительном секторе на основе обзора научных публикаций зарубежных и российских исследователей представлены в [5].

В научной публикации [6] автор отмечает, что процесс информационного моделирования на любом этапе работы с объектом подчиняется общим принципам, приведенным на рис. 1.



Рис. 1. – Общие принципы информационного моделирования строительных систем (авторская разработка)

Специфика информационного моделирования в каждом индивидуальном случае обусловлена особенностями выполняемых задач, тем самым, по сути, диктуя, какая именно информация требуется «на входе», а какая — «на выходе», а также то, каким образом они взаимодействуют в рамках определенного рабочего процесса. Данное обстоятельство, равно как и соблюдение трех базовых принципов моделирования, необходимо учитывать, поскольку от этого зависит правильность и эффективность всего BIM -процесса.

В этой связи становится очевидным, что каждая стадия жизненного цикла объекта нуждается в глубоком анализе и детальном изучении, поэтому генерализованная схема «проектирование — строительство — эксплуатация — снос» требует уточнения.

Согласно действующему нормативному документу СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве»:

– «жизненный цикл здания или сооружения — период, в течение которого осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения» [п. 3.1.1];

– «этапы жизненного цикла объекта капитального строительства — временные периоды, в течение которых осуществляются инженерные изыскания, архитектурно-строительное проектирование (включая прохождение экспертизы), строительство (включая ввод в эксплуатацию), эксплуатация (включая текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос и утилизация объекта капитального строительства (ликвидация — для производственных объектов)» [п. 3.1.2];

– «информационная модель объекта капитального строительства — совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства» [п. 3.1.3].

Несмотря на актуальность указанного свода правил, реальная картина определения жизненного цикла строительных систем не совсем соответствует классической концепции жизненного цикла продукции (товара), предложенной Отто Клеппнером в 1931 г. Согласно Клеппнеру, концепция Product Life Cycle (PLM, «Жизненный цикл товара») — концепция жизни продукта (и управления им), проходящего через стадии «новаторство», «конкуренция» и «в памяти». Далее теорию Клеппнера развил австрийско-американский ученый Йозеф Шумпетер (1939). Существующее в настоящее время понимание жизненного цикла товара

(продукции) и его стадии предложено американским экономистом Теодором Левиттом в 1965 г.

Чтобы управлять чем-то, нужно знать, что это. Поэтому в работе [3] автор указывает, что «для объекта строительства, вопреки «классической» логике, процессы проектирования, строительства и эксплуатации очень часто происходят почти одновременно, а работа со зданием может продолжаться и после его сноса, например виртуально, если это памятник архитектуры». Продолжая эту мысль, автор предлагает следующее «более универсальное определение жизненного цикла системы»: «совокупность стадий, охватывающих различные состояния системы, начиная с момента возникновения необходимости в такой системе и заканчивая полным завершением работы с ней» [7].

В научной публикации [8] также отмечается, что есть определенные несоответствия в стадиях жизненного цикла строительной продукции. Считаем, что реконструкцию необходимо рассмотреть, как новую фазу жизненного цикла строительной продукции, и данная фаза должна пройти все этапы жизненного цикла, присущие новому строительству.

На рис. 2 приведены некоторые базовые кривые жизненных циклов товаров (продукции), обычно применяемые в теории маркетинга.

Описание данных кривых, адаптированных к строительной продукции (зданиям и сооружениям) и строительным технологиям позволит создать новую методологию составления информационной модели.

Кратко охарактеризуем приведенные на рис. 2 базовые кривые жизненного цикла товара (ЖЦТ).

Кривая «БУМ» — это ЖЦТ с постоянной стадией роста, не переходящий в стадию зрелости и спада.

Кривая «плато» — ЖЦТ с быстрым ростом, быстрым спадом продаж до определенного постоянного уровня зрелости. Говоря о строительной

продукции, в качестве примера можно привести быстровозводимые здания, предназначенные для целей туризма и отдыха.

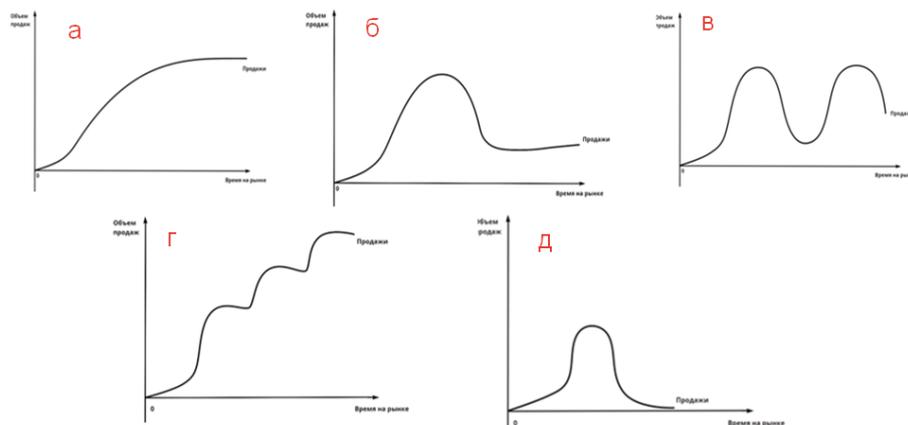


Рис. 2. – Кривые жизненного цикла товара: а — кривая «БУМ», б — кривая плато (рост-спад), в — кривая с повторным циклом, г — гребешковая кривая, д — кривая провала (составлено авторами на основе обобщенных данных из разных источников)

Кривая с повторным циклом (сезонность) характеризует ЖЦТ с возобновляющимся циклом резкого роста и аналогично резкого спада продаж и присуща товарам, пользующимся спросом лишь в определенное время или сезон. Применительно к строительной продукции здесь также можно назвать быстровозводимые здания для туризма и отдыха.

Гребешковая кривая — ЖЦТ, демонстрирующий на стадии зрелости очередной рост продаж. Применительно к строительным системам это могут быть здания или сооружения после реконструкции. Строительные системы в центре городов с развитой инфраструктурой после реконструкции имеют больший спрос, чем новостройки на окраинах городов. Они привлекают новых потребителей. Другим наглядным примером является реконструкция жилых зданий с высоким моральным износом под здания для временного проживания людей после стихийных бедствий. Мировой опыт (США, Сингапур, Япония) показывает, что часто заброшенные фабрики и заводы реконструируют под жилые здания [9, 10].

Необходимо помнить, что «своевременная реконструкция и модернизация всегда дешевле нового строительства, а в совокупности со сносом — тем более» [11]. Без реконструкции невозможно сохранить здания и сооружения, представляющие архитектурную, а также историческую ценность.

Кривая провала — ЖЦТ, не имеющий стадии зрелости и стадии роста, мгновенно переходящий в стадию спада после стадии внедрения на рынок. Как показывает опыт строительства, часто здания и сооружения строятся на недостаточно изученных территориях (допустим, речь идет о несоответствии инженерно-экологических изысканий), с нарушением технологии и организации производства работ, ненадлежащим контролем на стадии строительства и др., после чего у будущих жильцов возникает масса проблем, иногда непреодолимых. Подобные здания сначала консервируются, далее после экспертных заключений или их сносят, или же изменяют их функциональное назначение за счет изменений объемно-планировочных и конструктивных решений.

Из вышеизложенного следует, что реконструкцию зданий и сооружений необходимо рассмотреть отдельно как новую фазу жизненного цикла строительных систем. Применительно к линейно-протяженным сооружениям, капитальный ремонт (особенно магистральные трубопроводы) также является новой фазой жизненного цикла. Подобное расчленение способствует правильному обоснованию управленческих решений на всех стадиях ЖЦ строительной продукции.

Таким образом, становится очевидным, что одним из главных достоинств применения BIM-технологий является экономия средств, поскольку существенно проще и финансово выгоднее устранить проблемы в процессе проектирования, нежели на стадии строительства.

В настоящее время для схематичного представления всех этапов ЖЦ строительных систем и соответствующих изменений затрат, общепринятым считается использование кривых Макклими [12].

На основе анализа научной публикации [13] представлено планирование затрат (рис. 3) для каждого этапа жизненного цикла строительной продукции, однако диаграмма не отражает реальную сущность планирования затрат на всех стадиях жизненного цикла. Автор публикации отмечает, что для этапа эксплуатации «целью планирования выступает обеспечение гарантийного периода» функционирования строительной продукции (здания или сооружения).

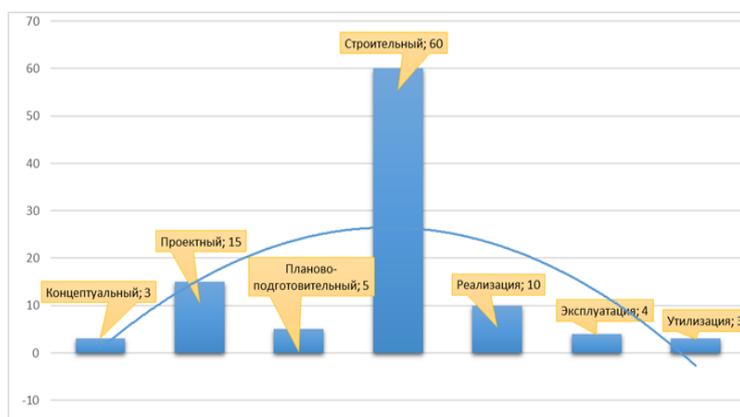


Рис. 3. – Планирование затрат на разных этапах жизненного цикла строительной продукции, % (авторская разработка)

Для нормального функционирования строительных систем (этап эксплуатации) приходится выполнять ряд планово-предупредительных и текущих ремонтов, делать капитальный ремонт с полной заменой оборудования (например, санитарно-технического, электротехнического др.), некоторых конструктивных элементов и т. д. Если по нормативным документам срок эксплуатации каменных жилых домов составляет от 75 до 100 лет, срок службы водопроводных, канализационных, отопительных систем или конструктивных элементов — 25 лет, то и затраты на планирование этих мероприятий должны быть соответствующими.

Этап эксплуатации ЖЦ любого объекта капитального строительства гораздо масштабнее, чем этап строительства ЖЦ; следовательно, и затраты должны быть больше, даже если это затраты по планированию эксплуатации.

На рис. 4 приведены усредненные затраты для разных этапов жизненного цикла здания по [14].

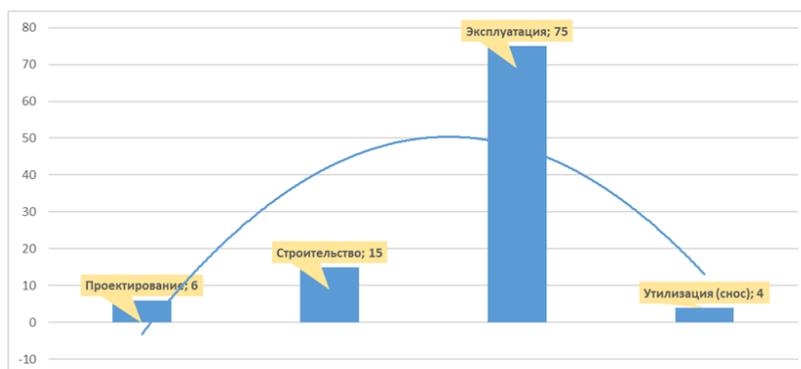


Рис. 4. – Усредненные затраты на протяжении жизненного цикла здания, % (авторская разработка)

Хотя в данном случае приведены укрупненные этапы жизненного цикла здания, и они не соответствуют цифровой информационной модели, приведенной в СП 333.1325800.2020, так как СП разработаны и внедрены позже, расчеты затрат весьма реалистичные.

Исходя из цифровой информационной модели (ЦИМ), приведенной в СП 333.1325800.2020, можно представить следующие этапы жизненного цикла объектов капитального строительства (ОКС) (рис. 5).

Если сравнить разработанную модель с моделью этапов жизненного цикла ОКС на основе BIM-технологий, разработанной Минстроем России [7], становится очевидно, что в СП в ЦИМ строительства дважды приводятся ИЦММ (инженерная цифровая модель местности), т. е. для двух уровней проработки — строительной и исполнительной.

В отличие от строительной модели, ЦИМ исполнительной модели содержит «взаимосвязанные графические и атрибутивные данные, обеспечивающие выполнение строительного контроля и государственного

строительного надзора, а именно: архитектурные, технические и технологические параметры объекта капитального строительства по результатам выполнения» (СП 333.1325800.2020).



Рис. 5. – Этапы жизненного цикла ОКС по СП 333.1325800.2020, с указанием содержания ЦИМ для каждого этапа (авторская разработка)

В СП приводятся параметры валидации для реконструкции и капитального ремонта ОКС, что позволяет рассмотреть реконструкцию как новую фазу жизненного цикла строительной продукции. Этапы жизненного цикла ОКС, приведенные на рис. 5, разделены на большее количество последовательных подэтапов. Благодаря подобной структуризации, можно детальнее определять задачи, соответствующие каждому из этапов жизненного цикла, а следовательно, более конкретизировать требуемую входную информацию и прогнозируемые результаты, которые, в свою очередь, могут не только иметь законченный вид, но и составлять некую часть входной информации для последующих либо же параллельно выполняемых этапов или же возвращать — с целью внесения поправок — к каким-либо пройденным этапам (как в случае связки «проектирование» — «анализ»).

Несоответствие СП и информационной модели, представленной в [7], позволяет сделать вывод о совершенствовании нескольких основополагающих позиций в своде правил.

Принято считать, что жизненный цикл строительного объекта впервые был детально проанализирован в 1963 г. специалистами Королевского института британских архитекторов (RIBA), по итогам чего был опубликован рабочий план, в котором жизненный цикл здания разбивался на несколько этапов (рис. 6).



Рис. 6. – Этапы жизненного цикла здания как разделы «Рабочего плана» RIBA [7]

Этот документ предназначался прежде всего для руководителей, и его основная идея заключалась в том, чтобы сориентировать в определении наиболее важных задач, с которыми сталкиваются специалисты на стадиях проектирования, строительства и в процессе эксплуатации строительного объекта, а также предложить возможные варианты их решения.

Может показаться, что рассматриваемый «Рабочий план» не связан напрямую с современными BIM-технологиями, и это по большей степени соответствует действительности. Однако, несмотря на то, что «Рабочий план» имеет гораздо более общий характер, для тех, кто работает в сфере информационного моделирования в строительстве, поиск ответов на общие вопросы уже проводится в контексте BIM-процессов. В целях упрощения решения этой проблемы в рамках RIBA была создана специальная

организация — National Building Specification (NBS), деятельность которой связана с продвижением BIM-технологий в Соединенном Королевстве [7].

Таким образом, не подвергается сомнению тот факт, что наиболее значимой частью документального обеспечения внедрения технологий информационного моделирования в сфере строительства является, во-первых, описание стадий BIM-процесса и, во-вторых, грамотная постановка возникающих на каждой из стадии задач. И как бы не хвалили зарубежный опыт применения BIM-технологий, практически во всех странах есть проблемы по внедрению существующих разработок, и для каждого этапа ЖЦ требуется совершенствование.

Литература

1. Рахматуллина Е.С. BIM-моделирование как элемент современного строительства // Российское предпринимательство. – 2017. – Том 18. – № 19. – С. 2866. doi: 10.18334/gr.18.19.38345.
2. Ледовских Л. И., Карпиняну Е. Нормативно-техническая база по применению BIM-технологии на начало 2021 года // Инженерный вестник Дона, 2021, № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6964.
3. Jayasinghe RS, Chileshe N., Rameezdeen R. Information-based quality management in reverse logistics supply chain A systematic literature review // Benchmarking-An International Journal. 2019. Vol. 26. Issue 7, pp. 2146-2187. DOI: 10.1108/BIJ-08-2018-0238.
4. Pavlovskis M., Migilinskas D., Antucheviciene J., Kutut V. Ranking of Heritage Building Conversion Alternatives by Applying BIM and MCDM: A Case of Sapiha Palace in Vilnius // Symmetry-Basel. 2019. Vol. 11. Issue 8, Article Number: 973. DOI: 10.3390/sym11080973.
5. Абрамян С.Г., Котляревская А.О., Оганесян О.В., Бурлаченко А.О., Дикмеджян А.А. Проблемы внедрения BIM-технологий в строительном



секторе: обзор научных публикаций // Инженерный вестник Дона, 2019, № 9.
URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6202.

6. Талапов В.В. О некоторых принципах, лежащих в основе BIM // Известия высших учебных заведений. Строительство. Новосибирск, 2016. № 4(688). С. 108-114.

7. Жизненный цикл здания и его связь с внедрением технологии BIM. URL: rgud.ru/press-releases/zhiznennyu-tsikl-zdaniya-i-ego-svyaz-s-vnedreniem-tekhnologii-bim/?representation=12 (дата обращения: 12.10.2021).

8. Абрамян С.Г., Бурлаченко О.В., Оганесян О.В., Бурлаченко А.О., Шаюнусов А.Р. BIM-технологии в строительстве: функции, развитие и опыт применения // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. Вып. 1(82). С. 323—332.

9. Savyovsky V.; Bronevitskiy A.; Karzhinerova A. Ревіталізація — екологічна реконструкція міської забудови. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, [S.l.], n. 8, p. 47-54, кві. 2015. ISSN 2312-2676. URL: visnyk.pgasa.dp.ua/article/view/41995.

10. Lee K., Park C. The Sustainable Micro-Scale Movement of Communities: Case Studies of Subdivided Development and Adaptive Reuse of Shared Space in New York City. *Journal of green building*. (2016). Vol. 11 (Iss: 1), pp. 23-37.

11. Абрамян С.Г. Реконструкция и модернизации зданий, введенных в эксплуатацию во второй половине XX века: цели и задачи // Интернет журнал «Наукоедение». 2016. Том 8, №1. URL: naukovedenie.ru/PDF/40TVN116.pdf. DOI: 10.15862/40TVN116.

12. Использование технологий BIM для проектирования подземных сооружений. Из зарубежного опыта. URL: geoinfo.ru/product/analiticheskaya-

sluzhba-geoinfo/ispolzovanie-tehnologij-bim-dlya-proektirovaniya-podzemnyh-sooruzhenij-iz-zarubezhnogo-opyta-44172.shtml (дата обращения: 12.10.2021).

13. Кондратьева М.А. Планирование затрат на стадиях жизненного цикла строительной продукции // Вестник ПГАС. 2013. №87. С. 87-91.

14. Методика расчета жизненного цикла жилого здания с учетом стоимости совокупных затрат. Москва 2014. С.72. URL: rodosnpp.ru/media/rodos/documents/2014/perepiska/nop/_5_070714_1-_04-836.pdf (дата обращения: 12.05.2022).

References

1. Rakhmatullina E.S. Rossiyskoe predprinimatelstvo. 2017. №18. (19), pp. 2849-2866. doi: 10.18334/rp.18.19.38345

2. Ledovskih L. I., Karpinjanu E. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6964.

3. Jayasinghe RS, Chileshe N., Rameezdeen R. Benchmarking-An International Journal. 2019. Vol. 26. Issue 7, pp. 2146-2187. DOI: 10.1108/BIJ-08-2018-0238/

4. Pavlovskis M., Migilinskas D., Antucheviciene J., Kutut V. Ranking of Heritage Building Conversion Alternatives by Applying BIM and MCDM: A Case of Sapiha Palace in Vilnius. Symmetry-Basel. 2019. Vol. 11. Issue 8. Article Number: 973. DOI: 10.3390/sym11080973.

5. Abramyan S.G., Kotljarevskaja A.O., Oganessian O.V., Burlachenko A.O., Dikmedzhyan A.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6964.

6. Talapov V.V. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. Novosibirsk. 2016. № 4(688), pp. 108-114.

7. Zhiznennyj cikl zdaniya i ego svjaz' s vnedreniem tehnologii BIM [The life cycle of a building and its relationship with the introduction of BIM technology].

URL: rgud.ru/press-releases/zhiznennyy-tsikl-zdaniya-i-ego-svyaz-s-vnedreniem-tehnologii-bim/?representation=12 (accessed 12/10/21).

8. Abramyan S.G., Burlachenko O.V., Oganesyanyan O.V., Burlachenko A.O., Shajunusov A.R. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. 2021. Vyp. 1(82). pp. 323—332.

9. Savyovsky V.; Bronevitskiy A.; Karzhinerova A. Ревіталізація — екологічна реконструкція міської забудови. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, [S.l.], n. 8, p. 47-54, кві. 2015. ISSN 2312-2676. URL: visnyk.pgasa.dp.ua/article/view/41995.

10. Lee K., Park C. The Sustainable Micro-Scale Movement of Communities: Case Studies of Subdivided Development and Adaptive Reuse of Shared Space in New York City. Journal of green building. (2016). Vol. 11 (Iss: 1), pp. 23-37.

11. Abramyan S.G. Internet zhurnal «Naukovedenie». 2016. Tom 8, №1 URL: naukovedenie.ru/PDF/40TVN116.pdf. DOI: 10.15862/40TVN116/

12. Ispol'zovanie tehnologij BIM dlja proektirovaniya podzemnyh sooruzhenij. Iz zarubezhnogo opyta [Using BIM technologies for the design of underground structures. From foreign experience] URL: geoinfo.ru/product/analiticheskaya-sluzhba-geoinfo/ispolzovanie-tehnologij-bim-dlya-proektirovaniya-podzemnyh-sooruzhenij-iz-zarubezhnogo-opyta-44172.shtml (accessed: 12/10/2021).

13. Kondrat'eva M.A. Vestnik PGAS. 2013. №87. pp. 87-91.

14. Metodika rascheta zhiznennogo cikla zhilogo zdaniya s uchetom stoimosti sovokupnyh zatrat. Moskva 2014. p.72 [Methodology for calculating the life cycle of a residential building, taking into account the cost of total costs] URL: rodosnpp.ru/media/rodos/documents/2014/perepiska/nop/_5_070714_1-_04-836.pdf (accessed: 12/05/2022).
