

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ЛОГИСТИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 338.4

DOI: 10.22227/2305-5502.2024.2.178-194

Применение метода канбан для анализа потока проектов в крупной подрядной организации строительного сектора

Александра Евгеньевна Лебедева, Ирина Викторовна Каракозова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИУ МГСУ); г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Крупные подрядные организации строительного сектора характеризуются наличием значительного количества одновременно реализуемых проектов, что усложняет работу компаний и повышает требования к организации слаженной работы всех ее подразделений. В связи с чем целесообразно использовать различные инструменты управления производственными процессами, основанными на применении наглядных инструментов анализа полученных данных. Метод канбан, изначально разработанный для управления производством, приобрел популярность в IT-индустрии, однако его применение в строительной отрасли, в том числе в менеджменте, остается малоизученным и не получило отражение в научной литературе.

Материалы и методы. Проведен анализ потока проектов крупной подрядной организации, специализирующейся на строительстве инженерных сетей, с применением метода канбан.

Результаты. Произведен расчет основных метрик канбан-системы, построены диаграммы на основе данных о выполненных этапах реализации проектов в рассматриваемой компании.

Выводы. Рассматриваются преимущества и ограничения использования метода канбан для управления потоком строительных проектов в крупной подрядной организации. По итогам проведенного исследования подготовлены предложения по оптимизации процессов и улучшению согласованности работ в условиях постоянно растущего числа проектов в крупных подрядных организациях строительного сектора.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бережливое строительство, канбан-анализ, канбан-система, крупная подрядная организация, накопительная диаграмма потока

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Лебедева А.Е., Каракозова И.В. Применение метода канбан для анализа потока проектов в крупной подрядной организации строительного сектора // Строительство: наука и образование. 2024. Т. 14. Вып. 2. С. 178–194. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.2.178-194

Автор, ответственный за переписку: Александра Евгеньевна Лебедева, uncea@yandex.ru.

Application of the kanban method to the analysis of project flow in a large contracting organization of the construction sector

Alexandra E. Lebedeva, Irina V. Karakozova

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Large contracting organizations in the construction sector are characterized by the presence of a significant number of simultaneously implemented projects, which complicates the work of companies and increases the requirements for the organization of well-coordinated work of all its departments. In this regard, it is advisable to use various production process management tools, as well as visual data analysis tools. The kanban method, originally developed for production management, has gained popularity in the IT industry, but its application in the construction industry remains poorly described in the scientific literature.

Materials and methods. A project flow analysis of a large contracting organization specializing in the construction of utility networks was carried out using the kanban method.

Results. The main metrics of the kanban system were calculated and diagrams were built based on data on the completed stages of project implementation in the company under consideration.

Conclusions. The advantages and limitations of using the kanban method to manage the flow of construction projects in a large contracting organization are considered. Based on the results of the study, proposals for optimizing processes and improving the consistency of work in the context of an ever-increasing number of projects in large contractors in the construction sector are prepared.

KEYWORDS: lean construction, kanban analysis, kanban system, large contracting organization, cumulative flow diagram

FOR CITATION: Lebedeva A.E., Karakozova I.V. Application of the kanban method to the analysis of project flow in a large contracting organization of the construction sector. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2024; 14(2):178-194. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.2.178-194

Corresponding author: Alexandra E. Lebedeva, uncea@yandex.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Традиционно строительное производство рассматривается как совокупность работ, реализация которых направлена на достижение целей проекта. Этот взгляд на процесс строительного производства присутствует как в традиционных методах организации строительства, так и в современных, однако такой подход имеет ряд недостатков [1]. Альтернативой традиционному подходу выступает рассмотрение строительного производства как совокупности потоковых процессов по созданию ценностей и связанных с этим издержек.

Реализация строительного проекта включает два основных процесса:

- подготовительный, представляющий собой поэтапное уточнение технических условий, где потребности и желания заказчика преобразуются в требования, а затем в подробные проекты. Одновременно он является процессом выявления проблем и рисков, связанных с реализацией проекта, а также выработки путей их решения;
- процесс реализации проекта, состоящий из нескольких типов потоков: поставки и обработки материалов, рабочих процессов строительных бригад, других, связанных с контролем и поддержанием основных процессов (авторский и технадзор, управление проектом и др.).

Перечисленные этапы характеризуются их стоимостью, качеством и продолжительностью, которые необходимо измерять и контролировать.

Рост подрядной строительной компании сопряжен с увеличением числа проектов, работы на которых происходят одновременно, что влечет за собой большой поток информации внутри подрядной компании, которую необходимо обрабатывать. На практике часто возникают проблемы с обменом информацией между подразделениями компании, а также большим числом различных табличных форм для хранения и систематизации информации о процессах, так как большой объем информации становится сложным для обработки и восприятия сотрудниками. Для облегчения обмена информацией существует достаточное количество программных продуктов, однако их внедрение и применение в такой консервативной области как строительное производство остается на низком уровне, особенно в части управления проектами и контроля стоимости¹ [2–14].

¹ Сервис АвтоБОП. URL: <https://pik.digital/blog/120>

Достижение баланса между производственными мощностями и заказами, а также равномерной загрузки сотрудников является сложной практической задачей. Таким образом, возникает потребность в создании единой и визуализированной системы управления потоком проектов в подрядной организации, что подтверждает актуальность темы исследования.

В данной статье рассматривается организация работы по реализации проектов в крупной подрядной организации (КПО) как поточной системы, элементами которой служат объекты строительства. Исследование проведено с целью оценки применения канбан-системы для организации потока работы в КПО строительного сектора.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Метод канбан, разработанный японской компанией Toyota в 1950-х гг. и ставший одним из ключевых элементов системы бережливого строительства Lean [14], представляет собой системный подход к управлению производством. Этот метод призван оптимизировать производственные и бизнес-процессы, устраняя избыточные ресурсы и повышая эффективность.

Метод канбан, согласно работе [14], — это метод для определения, управления и совершенствования процессов, он широко применяется с целью создания поточных систем и их управления. В соответствии с исследованиями, проведенными в Agile-организациях [14], канбан используется как самостоятельно, так и в совокупности с другими системами, например с системой Scrum.

Канбан, как информационная система, позволяет объединить в единое целое все подразделения компании, установить между ними связи, а также связи между различными процессами, после чего координировать поток создания ценности в соответствии с имеющимся спросом [14].

В переводе с японского канбан означает «запись» или «табличка». Компания Toyota создала и внедрила в практическую деятельность специальную карточку, выступающую в роли сигнала, информирующего о потребности в производстве дополнительного количества деталей [14]. Метод, разработанный компанией Toyota, получил название Lean и нашел широкое применение в производстве, а затем был адаптирован для строительства, таким образом, появился термин Lean construction или «бережливое строительство».

В научной литературе выделяют четыре основные концепции Lean как бережливого строительства: «точно в срок», создание непрерывного потока, постоянное улучшение и организация системы «вытягивающего производства» [14].

Первый принцип «точно в срок» означает работу без запасов: процесс производства должен быть обеспечен ресурсами в необходимом количестве и тогда, когда это необходимо — точно в срок без создания складов [14].

Принцип непрерывного потока означает, что производственные потоки не должны останавливаться. Его непрерывность должна быть гарантирована посредством систематического краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного планирования, в ходе которого определяется объем работ, который должен быть произведен.

Система «вытягивающего производства» представляет собой схему организации производства, при которой объем работ и сроки на каждом производственном этапе устанавливаются потребностями последующих этапов, а в конечном итоге — потребностями заказчика. Так предотвращается накопление запасов или задач для подразделения, что приводит к оптимизации работы компании [1].

Принцип постоянного совершенствования — это стремление к совершенству, является ценным инструментом для контроля и улучшения процессов, в который должны быть вовлечены все сотрудники компании.

Особое внимание в концепции бережливого производства уделяется измерениям и мониторингу, поскольку постоянные измерения дают возможность обеспечить процесс совершенствования путем выявления потенциала для улучшения [1].

Стоит отметить, что концепция Lean также имеет особый подход к измерениям, который направлен на сокращение потерь [2, 3] времени и ресурсов, а также на оптимизацию процессов и сокращение времени на каждый процесс производственного потока. Данные измерений необходимы для нескольких целей: стимулирования внутреннего улучшения организации и сравнения проектов, а также определения целей в КПО.

Метод канбан предусматривает и внедрение циклов обратной связи для координации поставки и улучшения предоставления сервиса. Наиболее часто используемые инструменты для циклов обратной связи — регулярные встречи и обсуждения, которые называются каденциями.

Визуализация рабочих процессов. Метод канбан базируется на визуализации нематериальной деятельности в целях организации правильной работы системы, а также для достижения баланса между производственными возможностями компании и заказами с помощью использования визуальных сигналов.

В зависимости от масштаба применения метода канбан-система может применяться по отношению к одному процессу или охватывать работу различных подразделений с разными уровнями детализации процессов и связей между ними.

Для визуализации работы при внедрении канбан-системы в компаниях используют карточки, которые размещают на канбан-доске (рис. 1). По мере завершения процессов карточка перемещается по столбцам в канбан-доске слева направо до завершения работ по карточке. Визуализация процесса может быть реализована как на физической доске, так и в цифровом формате с применением специального программного обеспечения.



Рис. 1. Пример физической канбан-доски

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В КПО, выбранной для анализа, используется информационная система для планирования и контроля выполнения ключевых событий проектов. На основе получаемых сведений о запланированных и выполненных событиях проведем анализ длительности этапов реализации проектов с визуализацией посредством построения диаграмм.

В качестве исходных данных, по которым проводился анализ и которые относятся к основным метрикам системы канбан, выступают следующие процессы:

- определение среднего времени производства (Lead Time — LT);
- установление времени ожидания заказчика (Customer Lead Time), период от заключения договора до сдачи объекта;
- определение скорости поставки;
- построение диаграммы рассеивания по времени завершения работ;
- построение накопительной диаграммы потока.

По результатам проведения анализа формулируются рекомендации по улучшению работы КПО.

Применительно к организации потока проектов в КПО карточками являются объекты строительства, которые проходят этапы от получения запроса от заказчика, его обработки и реализации, а затем сдачи объекта.

Внедрение метода канбан в работу КПО включает отдельные этапы, перечень и описание которых приведены в табл. 1.

Поскольку процесс строительного производства по своей сути является поточным, рассмотрим применение метода канбан для КПО, которая специализируется на строительстве инженерных сетей. Для реализации поставленной цели проанализируем подходы к организации работы в КПО.

Подрядные компании выполняют строительно-монтажные работы (СМР) и оказывают другие специализированные услуги по договору с заказчиком. Работу над проектом в КПО можно разделить на следующие последовательные этапы или вехи проекта, приведенные в табл. 2.

В зависимости от требуемой степени детализации можно выделить больше или меньше вех проекта, а также установить несколько уровней детализации и разработать цепочку процессов второго уровня для каждого из событий первого уровня. Таким образом, канбан-доска для КПО может выглядеть, как показано на рис. 2. Числа, указанные в скобках, означают лимит незавершенной работы для данного процесса.

В данной статье анализируется деятельность КПО, которая входит в состав группы компаний ПИК — крупнейшего застройщика в России. Для планирования и контроля выполнения ключевых событий в процессе строительства проекта — вех

Табл. 1. Этапы внедрения канбан-системы

Этап	Название	Описание
1	Исследование текущего состояния	Изучение текущего состояния бизнес-процессов в компании включает анализ существующих рабочих процессов, выявление узких мест и определение областей, где метод канбан может быть наиболее полезным
2	Визуализация процессов	Следующим шагом является визуализация бизнес-процессов с помощью канбан-досок. Каждый этап проекта или бизнес-процесса представляется в виде отдельной колонки на доске, а задачи обозначаются карточками. Этот способ позволяет всем участникам процесса видеть текущее состояние производимых работ и определять приоритеты
3	Управление потоком работы	Использование метода канбан дает возможность гибко управлять потоком работы. Когда новые задачи появляются, их можно добавить на доску, и команда начнет работу над ними, при этом учитывая приоритеты и доступные ресурсы. В канбан работу в процессе ограничивают, чтобы сбалансировать использование ресурсов и при этом обеспечивать поток работы
4	Мониторинг и оптимизация	Метод канбан также предоставляет инструменты для мониторинга производительности и оптимизации бизнес-процессов. Путем анализа времени выполнения задач и обработки данных с доски можно выявить узкие места и внести улучшения

Табл. 2. Этапы реализации проекта

Название этапа	Состав работ при реализации этапа
Подготовительный этап	• получение проектной документации; • расчет объемов работ; • определение цен на материалы (сбор коммерческих предложений от поставщиков) и составление лимитно-заборных карт (ЛЗК); • составление и согласование сметного расчета; • участие в тендере; • заключение договора с заказчиком; • подготовка бюджета проекта
Реализация проекта	• передача площадки строительства; • начало СМР; • окончание СМР; • сдача объекта и получение справок о соответствии и разрешений на ввод в эксплуатацию



Рис. 2. Пример канбан-доски для КПО

проекта в группе компаний разработан цифровой сервис «АвтоБОП» [14].

Система наглядно отображает процессы по каждому проекту с указанием сроков и ответственных сотрудников (рис. 3), что позволяет осуществлять планирование строительства объектов, создавать связанные цепочки событий объектов,

а также дает возможность загрузки документации по событиям и ее согласование (табл. 3).

Проанализируем вехи проектов методом канбан, используя данные о планируемых и выполненных событиях из системы «АвтоБОП» по объектам КПО, реализация которых осуществлялась в 2022 г. (табл. 4).

№	Название	Объект	Процесс	Статус	Дни	Причина
#18067	Окончание отделочных работ	Регионы г. Санкт-Петербург, 3-я улица Строителей, Дом 11	ПВК-Отделка Лукашин Е. М.	98	01.01.19	Прогноз 02.04.19
#18385	Окончание отделочных работ	Регионы г. Санкт-Петербург, 3-я улица Строителей, Дом 12	ПВК-Отделка Лукашин Е. М.	98	01.01.19	Факт 02.04.19
#18623	Окончание отделочных работ	Регионы г. Санкт-Петербург, 3-я улица Строителей, Дом 13	ПВК-Отделка Лукашин Е. М.	98	01.01.19	Прогноз 02.04.19
#87346	Окончание работ по внутренней инженерии	Регионы г. Санкт-Петербург, 3-я улица Строителей, Дом 14	ПВК-Отделка Лукашин Е. М.	98	01.01.19	Прогноз 02.04.19
#87348	Окончание работ по внутренней инженерии	Регионы г. Санкт-Петербург, 3-я улица Строителей, Дом 15	ПВК-Отделка Лукашин Е. М.	98	01.01.19	Прогноз 02.04.19

Рис. 3. Система «АвтоБОП»

Табл. 3. Реестр событий (вех проекта)

Объект	Передача рабочей документации (РД)	Расчет объема работ	Формирование ЛЗК	Подготовка бюджета проекта	Составление сметного расчета	Подписание договора	Начало СМР	Окончание СМР	Справки для заключения о соответствии разрешения на ввод
1	27.07.2022	29.07.2022	18.08.2022	22.09.2022	24.09.2022	24.09.2022	06.10.2022	20.07.2023	11.08.2022
2	10.05.2022	15.05.2022	17.05.2022	15.07.2022	29.06.2022	25.10.2022	30.06.2022	18.09.2023	—
3	14.03.2022	22.03.2022	29.03.2022	21.09.2022	26.05.2022	28.11.2022	27.05.2022	03.03.2023	04.09.2023
...									
85	22.06.2022	24.06.2022	27.06.2022	12.11.2022	10.11.2022	12.11.2022	17.11.2022	15.06.2023	—

Табл. 4. Количество выполненных событий
в рассматриваемой КПО в 2022 г.

Наименование события	Количество выполненных вех
Передача проектной документации	105
Расчет объема работ	104
Формирование ЛЗК	100
Подписание договора с заказчиком	90
Подготовка бюджета проекта	95
Подготовка и согласование сметного расчета	99
Начало СМР	85
Окончание СМР	58
Сдача объекта и получение справок	27

Как видно из табл. 4, за рассматриваемый период КПО было получено проектной документации для 105 новых объектов строительства, начато строительство 85, завершено 58, а заключение о соответствии выполненных работ в органах государственного строительного надзора получено в рассматриваемый период только для 27 из них.

В табл. 4 приведена информация о датах выполнения этих событий, которые представляют собой поточную систему реализации проекта в рассматриваемой КПО.

Работа над проектом проходит различные этапы от получения проектной документации до сдачи объекта. Для того чтобы данная поточная система стала канбан-системой, в ней должны быть определены:

- сигналы, определяющие лимит незавершенной работы (WiP);
- точка принятия обязательств и точка поставки.

В нашем случае точкой принятия обязательств является заключение договора подряда с заказчиком, а точкой поставки — сдача объекта строительства. В соответствии с методом канбан перед точкой

принятия обязательств формируется ряд запросов в очереди, которые компания может принять в работу или отказаться от реализации. В строительстве этот этап, в зависимости от форм собственности КПО, называют тендерной работой или подготовительным этапом реализации инвестиционно-строительного проекта.

Период времени, который элемент системы проводит в процессе между точкой принятия обязательств и точкой поставки, называют временем производства (Lead Time — LT) или временем в канбан-системе. При этом время ожидания заказчика (Customer Lead Time) — период, в течение которого заказчик ожидает поставки элемента [14].

В статье за время производства принято время от начала производства СМР до их окончания, временем ожидания заказчика считается период от даты заключения договора подряда до сдачи объекта. Период нахождения объекта строительства в канбан-системе — от получения запроса и проектной документации от заказчика до сдачи объекта в эксплуатацию.

Для наглядного изображения результатов расчета времени ожидания заказчика строится диаграмма рассеивания (рис. 4).

Время от момента заключения договора до сдачи объекта составляет от 0,2 до 17,8 месяцев, среднее значение времени ожидания — 8,5 мес. Однако время производства работ находится в пределах 0,2–14,8 мес. (рис. 5). В среднем производство СМР занимает 6,7 мес., а подготовительного периода 7,6 мес. Общее время в канбан-системе объекта строительства составляет до 23 мес.

Диаграммы рассеивания наглядно иллюстрируют информацию о фактических сроках, которая может использоваться для планирования и определения целей компании. В рассматриваемом случае, исходя из данных, приведенных на рис. 5, можно сделать вывод о том, что компании необходимо провести оптимизацию длительности подготовительного периода, так как между этапом составления смет и началом работ по объекту имеет место

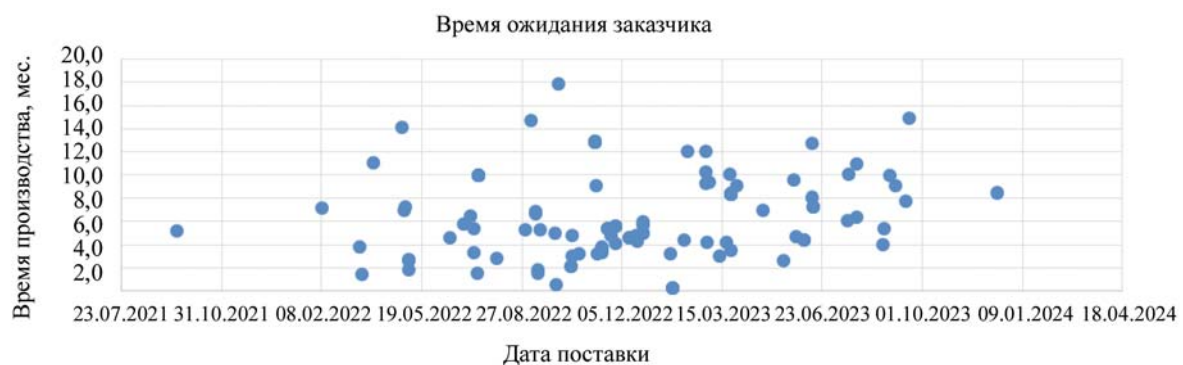


Рис. 4. Диаграмма рассеивания времени ожидания заказчика от даты заключения договора подряда до сдачи объекта

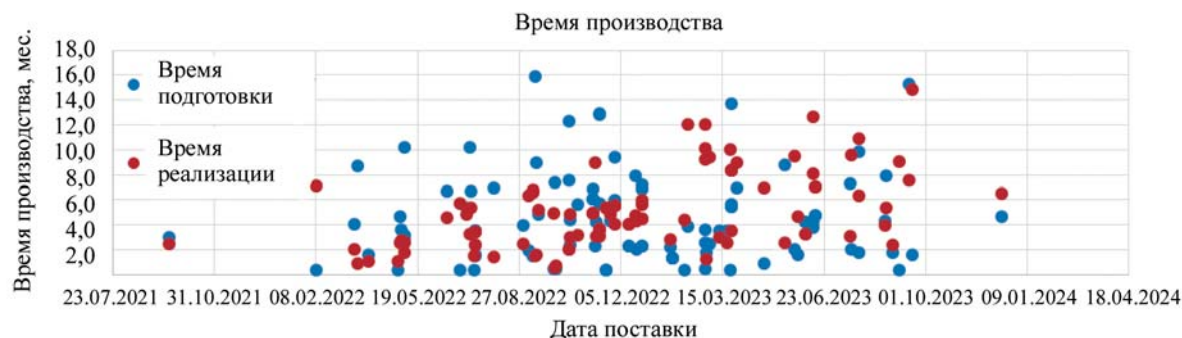


Рис. 5. Диаграмма рассеивания времени производства СМР и длительности подготовительного периода

значительный промежуток времени по одним объектам, в то время как для других он занимает несколько дней.

Набор элементов, которые в каждый момент времени находятся в канбан-системе, а также количество таких элементов называют незавершенной работой (WiP). Установка лимитов на количество проектов для каждого этапа работы позволяет избежать перегрузки подразделений и оптимизировать работу системы в целом.

Скорость, с которой выполняются вехи проекта, называют скоростью поставки. Она рассчитывается как обратная величина ко времени между двумя последними событиями, а среднюю скорость поставки за определенный период можно рассчитать как результат деления количества поставок на длительность временного периода.

На основе данных о датах закрытия вех проектов (табл. 4) построим накопительную диаграмму потока (Cumulative Flow Diagram — CFD) (рис. 6).

По вертикальной оси откладывается количество выполненных событий накопительным итогом, горизонтальная ось на графике — это шкала времени, каждый объект работ проходит все виды активности с течением времени до момента завершения всех работ по объекту строительства. Диаграмма служит для наглядного изображения работы системы, а также дает возможность быстро оценить текущее состояние системы и ее основные метрики. Анализируя накопительную диаграмму потока, можно выявить проблемы и слабые места, с которыми может столкнуться КПО, что является одним из главных преимуществ использования метода канбан.

При обеспечении равномерной загрузки ширина областей на диаграмме будет оставаться одинаковой, это идеальный сценарий работы компании, к которому должно стремиться руководство, тем самым обеспечивая сбалансированную работу всей системы и равномерное распределение работы между подразделениями, в то время как неравномерная ширина какой-либо области является сигналом о возникшей проблеме в этом процессе.

На приведенной диаграмме (рис. 6) можно заметить неравномерность в ширине областей, что указывает на недостатки в организации работы системы, зеленая область, показывающая количество сметных расчетов, расширяется в первой трети диаграммы, а затем динамику повторяет линия начала СМР, при этом линия завершения работ остается равномерной. Таким образом, имеет место перегрузка производственных мощностей из-за одновременной реализации большого числа новых проектов, что привело к увеличению нагрузки на оставшийся прежним штат сотрудников. Одной из возможных причин может являться фактор сезонности, который присутствует в работе подрядных организаций и формирует предпосылки для неравномерной загрузки отдела строительного производства в весенне-летний период.

В поточной системе, в которой все элементы поставлены (работы по карточкам завершены), наблюдается простая зависимость между средними значениями показателей за определенный период. Эта зависимость известна как закон Литтла [12, 13]:

$$\text{Скорость завершения} = \frac{\text{WiP}}{\text{LT}} = \frac{27}{9,93} = 3,16 \frac{\text{проектов}}{\text{месяц}}, \quad (1)$$

где Скорость завершения — среднее количество отработанных элементов в канбан-системе на единицу времени, применительно к КПО — скорость завершения проектов; WiP — количество элементов в работе за период; LT — среднее время производства, в течение которого элемент проходит от точки принятия обязательств к точке поставки.

Используя закон Литтла, проанализируем показатели по составляющим канбан-системы с применением данных о времени в процессе (TiP). Под временем в процессе понимается период, в течение которого элемент находится в рассматриваемом процессе [14], например требуемое время для расчета объемов работ по полученной проектной документации. Зная показатели времени в процессе, можно определить «пропускную способность» для

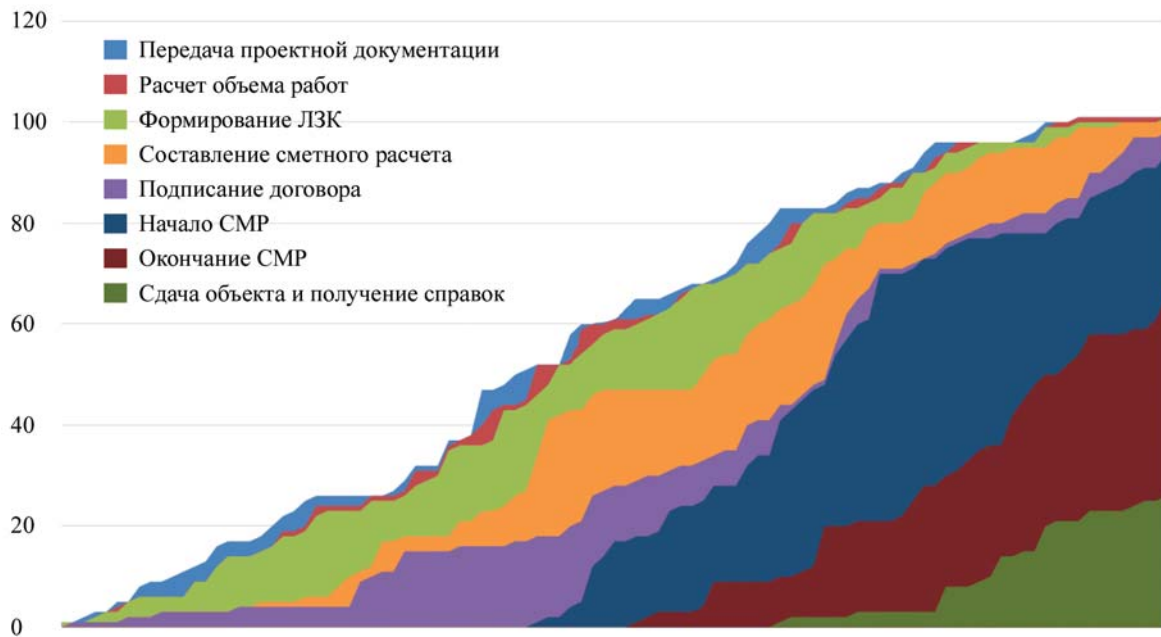


Рис. 6. Накопительная диаграмма потока (Cumulative Flow Diagram)

элементов канбан-системы. Количество рабочих элементов как завершенных, так и отброшенных выходящих из системы на единицу времени формирует пропускную способность системы, которая измеряется в количестве рабочих элементов на единицу времени:

$$\text{Пропускная способность} = \frac{\overline{\text{WiP}}}{\overline{\text{TiP}}}. \quad (2)$$

где Пропускная способность — среднее количество рабочих элементов, выходящих из процесса системы на единицу времени; WiP — среднее количество элементов в работе в рассматриваемом процессе; TiP — среднее время в процессе.

Поскольку в строительстве срок выполнения СМР зависит от объема работ, который отличается для каждого проекта, проанализируем скорость поставки и пропускную способность для подготовительного периода в рассматриваемой КПО (табл. 5), который включает только интеллектуальный труд и состоит из этапов, описанных выше.

Табл. 5. Расчет скорости поставки и пропускной способности системы

Процесс	Пропускная способность (проектов в месяц)
Расчет объема работ	6,0
Формирование ЛЗК	16,9
Подготовка бюджета проекта	18,4
Составление сметного расчета	4,9
Подписание договора	2,9

Таким образом, получив значения скорости в процессе и пропускной способности для каждого процесса, возможно установить лимиты незавершенной работы. Введение и соблюдение WiP-лимитов позволяет заменить систему «проталкивания» производства на системы «вытягивающего производства» [14, 15]. Перегрузка системы чрезмерным количеством частично завершенных проектов увеличивает общее время производства работ по проектам и не дает возможность организации оперативно откликаться на потребности заказчиков и реагировать на возникающие риски. Путем наблюдения необходимо ограничивать и оптимизировать объем незавершенной работы, что впоследствии приведет к сокращению времени производства, повышению качества и увеличению скорости поставки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

В последние десятилетия метод канбан нашел широкое применение не только в производстве, но и в других отраслях [16–18], включая строительство.

Метод канбан позволяет сформировать понимание того, какие процессы проходят в компании, установить взаимосвязи между ними, а также определить, с каким объемом задач могут справиться сотрудники за единицу времени и какой объем работ может быть сдан заказчиком. По достижении такого понимания можно переходить к совершенствованию задач и процессов для более равномерного распределения задач и планирования результатов. В ходе совершенствования процессов усиливает-

ся взаимодействие между сотрудниками, а вместе с ним повышается качество.

Применение метода канбан в крупных подрядных организациях строительного сектора может значительно улучшить как управление потоком проектов, так и бизнес-процессами, повысить эффективность использования ресурсов и улучшить коммуникацию с заказчиками. Этот метод предоставляет инструменты для визуализации, управления и оптимизации рабочих процессов.

К преимуществам внедрения канбан в качестве информационной системы в деятельности КПО следует отнести:

- визуализацию процесса управления проектами: метод канбан обеспечивает наглядное представление текущих задач и этапов выполнения проектов, что способствует прозрачности и пониманию статуса работ;
- оптимизацию процессов: путем анализа данных канбан-системы компании могут выявить узкие места, избыточные этапы и другие факторы, мешающие эффективной реализации проектов [19];
- гибкость и адаптивность: канбан позволяет легко вносить изменения в приоритеты и распределение ресурсов в ответ на новые требования или проблемы, что особенно важно в строительстве, исходя из его динамичной природы;
- контроль над рабочими потоками: метод канбан дает возможность более эффективно управлять рабочими потоками, предотвращая перегрузку со-

трудников и обеспечивая равномерное распределение задач;

- постоянное улучшение процессов управления: анализ метрик канбан и систематическое изучение процессов поощряют поиск возможностей для постоянного улучшения эффективности и качества управления проектами в строительстве;
- инструментарий для аналитической работы: накопительная диаграмма потока является полезным инструментом для наглядного и быстрого анализа потока проектов, отслеживая изменения во времени, диаграмма позволяет распознать сигналы для вмешательства, для того чтобы разобраться в возникающих проблемах и препятствиях в потоке работы. Она не только помогает найти проблему, но и в динамике показывает, насколько успешно она решается. На основе диаграммы также можно установить, для каких задач следует увеличить производственные мощности;
- возможность оптимизации сроков реализации отдельных процессов: продолжительность процессов можно анализировать аналогично стоимости, оптимизация времени в процессе снижает издержки строительного производства.

Таким образом, на основе полученных результатов определены необходимые условия для внедрения системы канбан с целью планирования и контроля потока проектов в КПО. Подготовка этапов планирования и контроля при реализации проектов в строительстве является первым шагом на пути к достижению эффективной работы компании.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Koskela L.* Application of the new production philosophy to construction. Stanford : Stanford University, 1992.
2. Производство без потерь для рабочих. Издательство ИКСИ, 2007. 136 с.
3. *Джордж М.* Бережливое производство плюс шесть сигм в сфере услуг. Как скорость бережливого производства и качество шесть сигм помогают совершенствованию бизнеса / пер. с англ. Т. Гутман. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2011. 464 с.
4. *Каракозова И.В., Лебедева А.Е.* Проблемы цифровизации контроля за реализацией инвестиционно-строительных проектов в современных условиях // Экономические и управленческие технологии XXI века: теория и практика, подготовка специалистов : мат. Всерос. метод. и науч.-практ. конф. имени доктора экономических наук. 2022. С. 3–7. EDN BESKYA.
5. *Womack J.P., Jones D.T.* Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. Free Press, 2003.
6. *Андерсон Д.Дж., Кармайкл Э.* Канбан: краткое руководство. Lean-Kanban University, 2015. 102 с.
7. *Anderson D.J.* Kanban: successful evolutionary change for your technology business. Blue Hole Press, 2010.
8. *Рыбьянцева М.С., Моисеенко А.С., Хорольская Т.Е.* Методические рекомендации по внедрению карточек (Канбан) в учетную практику строительных организаций // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 107. С. 1601–1617. EDN TPWEEP.
9. *Шонбергер Р.* Японские методы управления производством. Девять простых уроков. Сокр. пер. с англ. / науч. ред. авт. предисл. Л.А. Конарева. М. : Экономика, 1988. 251 с.
10. *Arbulu R., Ballard G., Harper N.* Kanban in construction // Proceedings of IGLC-11. 2003. Pp. 16–17.
11. *Shingo S., Dillon A.P.* A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint. Routledge, 2019.

12. *Little J.D.C.* OR FORUM — Little's Law as Viewed on Its 50th Anniversary // *Operations Research*. 2011. Vol. 59. Issue 3. Pp. 536–549. DOI: 10.1287/opre.1110.0940

13. *Medonos M., Jurová M.* Implementing lean production — application of little's law // *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2016. Vol. 64. Issue 3. Pp. 1013–1019. DOI: 10.11118/actaun201664031013

14. *Liker J.K.* The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. McGraw-Hill, 2004.

15. *Reinertsen D.G.* The principles of product development flow: second generation lean product development. Celeritas Publishing, 2009.

16. *Тюлькина К.Л., Шеин А.В., Данилова С.Ю.* Применение метода Канбан на предприятии // *Качество в производственных и социально-экономи-*

ческих системах : сб. науч. тр. 9-й Междунар. науч.-техн. конф. 2021. С. 241–245. EDN NRMMTL.

17. *Романцов Р.С., Черноситова Е.С.* Применение метода канбан для повышения эффективности машиностроительного производства // *Современные материалы, техника и технология* : сб. науч. ст. 7-й Междунар. науч.-практ. конф. 2017. С. 315–318. EDN YNXPZH.

18. *Ахмадуллин А.Р.* Применение методов сокращения времени цикла производства just-in-time, канбан при производстве металлочерепицы // *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2023. № 5–1 (99). С. 34–37. DOI: 10.24412/2411-0450-2023-5-1-34-37. EDN MMKWUM.

19. *Хоббс Д.П.* Внедрение бережливого производства: практическое руководство по оптимизации бизнеса. Минск : Гревцов Паблишер, 2007. С. 24–28.

Поступила в редакцию 29 декабря 2023 г.

Принята в доработанном виде 13 февраля 2024 г.

Одобрена для публикации 18 февраля 2024 г.

ОБ АВТОРАХ: **Александра Евгеньевна Лебедева** — аспирант кафедры менеджмента и инноваций; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; SPIN-код: 3373-1543, ORCID: 0009-0007-0843-9703; uncea@yandex.ru;

Ирина Викторовна Каракозова — кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента и инноваций; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; SPIN-код: 4750-3869, ORCID: 0000-0002-7913-919X; KarakozovaIV@mgsu.ru.

Вклад авторов:

Лебедева А.Е. — концепция исследования, сбор и обработка материала, написание статьи.

Каракозова И.В. — доработка текста, итоговые выводы.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

INTRODUCTION

Traditionally, construction production is considered as a set of works, the realization of which is aimed at achieving the project objectives. This view of the construction production process is present both in traditional methods of construction organization and in modern methods, but this approach has a number of disadvantages [1]. The alternative to the traditional approach is the consideration of construction production as a set of flow processes of value creation and associated costs.

The realization of a construction project involves two main processes:

- preparatory, which is a step-by-step refinement of specifications, where the customer's needs and desires are transformed into requirements and then into detailed designs. At the same time, it is a process of

identifying problems and risks associated with project implementation and developing ways to address them;

- project implementation process consisting of several types of flows: delivery and processing of materials, work processes of construction teams, others related to control and maintenance of the main processes (author's and technical supervision, project management, etc.).

The steps listed are characterized by their cost, quality and duration, which need to be measured and monitored.

The growth of a contracting construction company is associated with an increase in the number of projects where work is taking place simultaneously, which entails a large flow of information within the contracting company that needs to be processed. In practice, there are often problems with the exchange of information between the company's divisions, as well as a large number of different tabular forms for storing and sys-

tematizing information about processes, as a large amount of information becomes difficult to process and perceive by employees. There is a sufficient number of software products to facilitate information exchange, but their introduction and application in such a conservative area as construction production remains at a low level, especially in terms of project management and cost control¹ [2–14].

Achieving a balance between production capacities and orders, as well as even loading of employees is a complex practical task. Thus, there is a need to create a unified and visualized system of project flow management in a contracting organization, which confirms the relevance of the research topic.

This paper examines the organization of project workflow in a large contracting organization (LCO) as a flow system with construction projects as its elements. The study was conducted to evaluate the application of kanban system to organize workflow in LCO of the construction sector.

MATERIALS AND METHODS

The kanban method, developed by the Japanese company Toyota in the 1950s and which became one of the key elements of the Lean construction system [14], is a systematic approach to production management. This method is designed to optimize production and business processes, eliminating redundant resources and increasing efficiency.

The kanban method, according to [14], is a method for defining, managing and improving processes and is widely used for the purpose of creating and managing flow systems. According to research conducted in Agile-organizations [14], kanban is used both independently and in conjunction with other systems such as Scrum.

Kanban, as an information system, makes it possible to bring together all the company's departments, establish links between them, as well as links between different processes, and then coordinate the flow of value creation according to the available demand [14].

In Japanese, kanban means “record” or “plate”. Toyota created and implemented a special card that acts as a signal informing about the need to produce an additional number of parts [14]. The method developed by Toyota was called Lean and found wide application in production, and then it was adapted for construction, thus the term Lean construction or “lean construction” appeared.

The scientific literature identifies four main concepts of Lean as lean construction: “just-in-time”, creating a continuous flow, continuous improvement and organising a “pull production” system [14].

The first just-in-time principle means working without inventories: the production process should be

provided with resources in the right quantity and when needed just-in-time without creating warehouses [14].

The principle of continuous flow means that production flows must not stop. Its continuity must be guaranteed through systematic short-, medium- and long-term planning, which determines the amount of work to be produced.

The system of “pull production” is a scheme of production organization in which the scope of work and deadlines at each production stage are set by the needs of subsequent stages, and ultimately by the needs of the customer. In this way, the accumulation of inventories or tasks for a unit is prevented, which leads to optimization of the company's performance [1].

The principle of continuous improvement is the pursuit of excellence and is a valuable tool for controlling and improving processes, in which all employees of the company should be involved.

Measurement and monitoring are emphasized in the concept of lean manufacturing because continuous measurement enables the process of improvement by identifying potential for improvement [1].

It is worth noting that the Lean concept also has a specific approach to measurement, which aims to reduce wasted [2, 3] time and resources, as well as to optimize processes and reduce the time per process of the production flow. Measurement data is needed for several purposes: to stimulate internal organizational improvement and project comparison, as well as to define goals in LCO.

The kanban method involves the implementation of feedback loops to coordinate delivery and improve service delivery. The most commonly used tools for feedback loops are regular meetings and discussions called cadences.

Visualization of work processes. The kanban method is based on the visualization of intangible activities in order to organize the correct operation of the system, and to achieve a balance between the company's production capabilities and orders using visual cues.

Depending on the scale of application of the method, the kanban system can be applied to a single process or cover the work of different departments with different levels of detail of processes and links between them.

To visualize the work when implementing a kanban system, companies use cards that are placed on a kanban board (Fig. 1). As processes are completed, the card is moved along the columns in the kanban board from left to right until the work on the card is completed. Process visualization can be implemented either on a physical board or digitally using special software.

RESEARCH RESULTS

The LCO selected for the analysis uses an information system to plan and control the execution of key project events. Based on the information received on

¹ AutoBOP service. URL: <https://pik.digital/blog/120>



Fig. 1. Example of a physical kanban board

planned and executed events, we will analyze the duration of the project implementation phases and visualize it through the construction of diagrams.

The following processes serve as the inputs for which the analysis was conducted and which relate to the main metrics of the kanban system:

- determination of the average production time (Lead Time — LT);
- establishment of Customer Lead Time, the period from the conclusion of the contract to the delivery of the facility;

- determining the speed of delivery;
- construction of a scatter diagram by time of work completion;

- construction of an accumulative flow diagram.

Based on the results of the analysis, recommendations are formulated to improve LCO performance.

In the case of project flow organization in LCO, the cards are construction projects that go from receiving a request from the customer, to processing and implementing it, and then delivering the project.

Implementation of the kanban method in LCO includes separate stages, the list and description of which are given in Table 1.

Since the construction process is inherently flow-based, let us consider the application of the kanban method to LCO that specializes in the construction of utilities. In order to realize this objective, we will analyze the approaches to work organization in LCO.

Contractors perform construction and installation works (CIW) and other specialized services under contract with the client. Project work in LCO can be divided into the following sequential stages or project milestones shown in Table 2.

Depending on the level of detail required, more or fewer project milestones can be identified, and multiple

Table 1. Stages of kanban system implementation

Stage	Title	Description
1	Current status survey	Examining the current state of business processes in the company includes analyzing existing workflows, identifying bottlenecks and determining areas where the kanban method can be most useful
2	Process visualization	The next step is to visualize business processes using kanban boards. Each stage of a project or business process is represented as a separate column on the board, and tasks are labelled with cards. This method allows all process participants to see the current state of the work being done and to prioritize tasks
3	Workflow management	Using the kanban method gives you the flexibility to manage the flow of work. When new tasks appear, they can be added to the board and the team will start working on them, while taking into account priorities and available resources. In kanban, work in process is constrained to balance the use of resources while still ensuring the flow of work
4	Monitoring and optimization	The kanban method also provides tools to monitor performance and optimize business processes. By analyzing task times and processing data from the board, bottlenecks can be identified and improvements can be made

Table 2. Stages of project implementation

Stage name	Scope of work during the implementation of the stage
Preparatory phase	• obtaining project documentation; • calculation of the scope of work; • determination of prices for materials (collection of commercial proposals from suppliers) and drawing up limit and intake cards (hereinafter referred to as LIC); • preparation and approval of estimates; • participation in the tender; • conclusion of a contract with the customer; • preparation of the project budget
Project implementation	• transfer of the construction site; • the beginning of construction and installation work (hereinafter referred to as CIW); • completion of construction and installation works; • commissioning of the facility and obtaining certificates of compliance and commissioning permits

levels of detail can be established and a second level process chain can be developed for each of the first level events. Thus, a kanban board for LCO may look like the one shown in Fig. 2. The numbers in brackets denote the work-in-progress limit for the process.

This paper analyzes the activities of LCO, which is part of the PIK Group of companies — the largest property developer in Russia. To plan and control the fulfilment of key events in the project construction

process — project milestones, the group of companies has developed a digital service “AutoBOP” [14].

The system visually displays the processes for each project with indication of deadlines and responsible employees (Fig. 3), which allows planning the construction of objects, creating linked chains of events of objects, as well as provides the ability to download documentation on events and its coordination (Table 3).

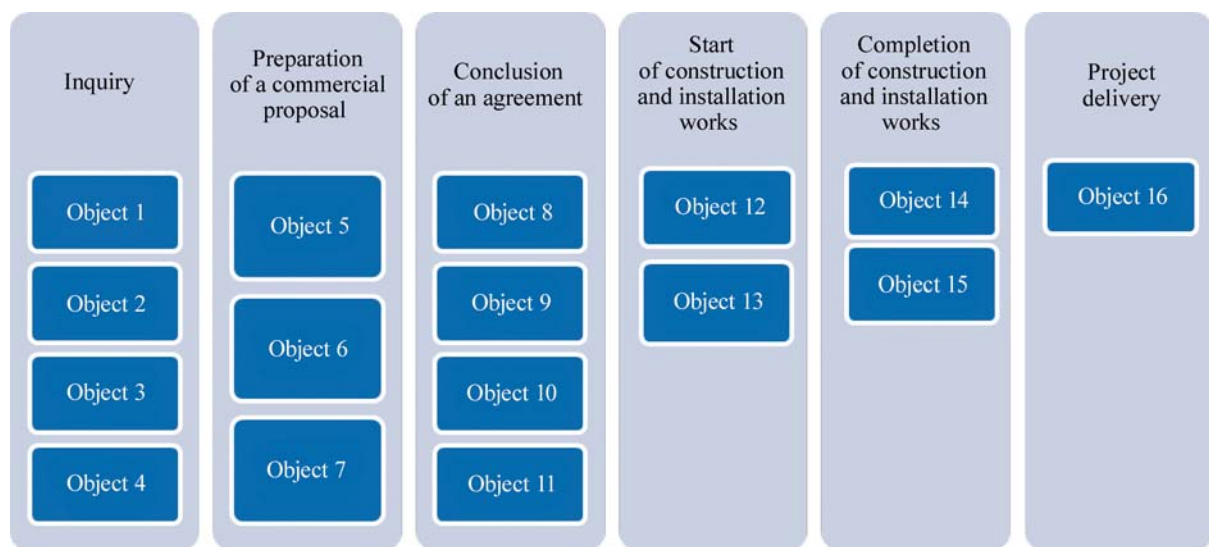


Fig. 2. Example of a kanban board for LCO

№	Название	Объект	Процесс	Статус	Дни	Причина	План	Прогноз/Факт
#18067	Окончание отделочных работ	Рег.ком. г. Санкт-Петербург, 3-я улица Строителей, Дом 11	ПИС-Отделка Лукашин Е. М.	🟡	98		План 01.01.19	Прогноз 02.04.19
#18385	Окончание отделочных работ	Рег.ком. г. Санкт-Петербург, 3-я улица Строителей, Дом 12	ПИС-Отделка Лукашин Е. М.	🟢	98		План 01.01.19	Факт 02.04.19
#18623	Окончание отделочных работ	Рег.ком. г. Санкт-Петербург, 3-я улица Строителей, Дом 13	ПИС-Отделка Лукашин Е. М.	🟡	98	Лукашин Е. М. Задержка сроков выполнения СМР	План 01.01.19	Прогноз 02.04.19
#187346	Окончание работ по внутренней инженерии	Рег.ком. г. Санкт-Петербург, 3-я улица Строителей, Дом 14	ПИС-Отделка Лукашин Е. М.	🟡	98		План 01.01.19	Прогноз 02.04.19
#187348	Окончание работ по внутренней инженерии	Рег.ком. г. Санкт-Петербург, 3-я улица Строителей, Дом 15	ПИС-Отделка Лукашин Е. М.	🟡	98		План 01.01.19	Прогноз 02.04.19

Fig. 3. AutoBOP system

Table 3. Register of events (project milestones)

Object	Transfer of working documentation (WD)	Calculation of the scope of work	Drawing up limit and intake cards	Preparation of the project budget	Preparation of estimates	Signing of the contract	Start of construction and installation works	Completion of construction and installation works	Enquiries to conclude on the compliance of the commissioning permit
1	27.07.2022	29.07.2022	18.08.2022	22.09.2022	24.09.2022	24.09.2022	06.10.2022	20.07.2023	11.08.2022
2	10.05.2022	15.05.2022	17.05.2022	15.07.2022	29.06.2022	25.10.2022	30.06.2022	18.09.2023	—
3	14.03.2022	22.03.2022	29.03.2022	21.09.2022	26.05.2022	28.11.2022	27.05.2022	03.03.2023	04.09.2023
...									
85	22.06.2022	24.06.2022	27.06.2022	12.11.2022	10.11.2022	12.11.2022	17.11.2022	15.06.2023	—

Let us analyze the project milestones by kanban method, using data on planned and executed events from the AutoBOP system for LCO facilities implemented in 2022 (Table 4).

Table 4. Number of executed events in the considered LCO in 2022

Event name	Number of milestones completed
Obtaining design documentation	105
Calculation of the scope of work	104
Drawing up limit and intake cards	100
Signing the contract with the customer	90
Preparation of the project budget	95
Preparation and approval of estimates	99
Start of construction and installation works	85
Completion of construction and installation works	58
Handing over the object and obtaining certificates	27

As can be seen from Table 4, during the period under review LCO received design documentation for 105 new construction projects, started construction of 85, completed 58, while the conclusion on compliance of the performed works with the state construction supervision authorities was received during the period under review only for 27 of them.

Table 4 summarizes the dates of these events, which represent the flow system of project implementation in the LCO under consideration.

The project work goes through various stages from receiving the project documentation to the delivery of the project. In order for this flow system to become a kanban system, it must define:

- signals defining the work in progress (WiP) limit;
- the point of commitment and the point of delivery.

In our case, the commitment point is the conclusion of the contract with the customer, and the delivery point is the delivery of the construction project. In accordance with the kanban method, a number of

queued requests are formed before the commitment point, which the company can accept into work or refuse to realize. In construction, this stage, depending on the forms of LCO ownership, is called tender work or preparatory stage of investment and construction project realization.

The period of time that an element of the system spends in the process between the commitment point and the delivery point is called Lead Time (LT) or kanban time. At the same time, Customer Lead Time is the period of time during which the customer waits for the delivery of an item [14].

In the article, the time from the start of construction and erection works to their completion is taken as the production time, the waiting time of the customer is the period from the date of the contract conclusion to the commissioning of the object. The period of the construction object being in the kanban system is from the receipt of the request and project documentation from the customer to the commissioning of the object.

To visualize the results of the customer waiting time calculation, a scatter diagram is constructed (Fig. 4).

The time from the moment of contract conclusion to the object delivery ranges from 0.2 to 17.8 months, the average waiting time is 8.5 months. However, the time of works production is within 0.2–14.8 months (Fig. 5). On average, the production of construction and erection works takes 6.7 months and the preparation period takes 7.6 months. The total time in the kanban system of the construction object is up to 23 months.

Scatter diagrams clearly illustrate information about actual timelines that can be used for planning and setting company goals. In the case under consideration, based on the data shown in Fig. 5, it can be concluded that the company needs to optimize the length of the preparation period, because between the stage of preparation of estimates and the start of work on the object there is a significant time lag for some objects, while for others it takes a few days.

The set of elements that are in the kanban system at any given time, as well as the number of such elements is called work in progress (WiP). Setting limits on the number of projects for each stage of work allows you to avoid overloading departments and optimize the work of the system as a whole.

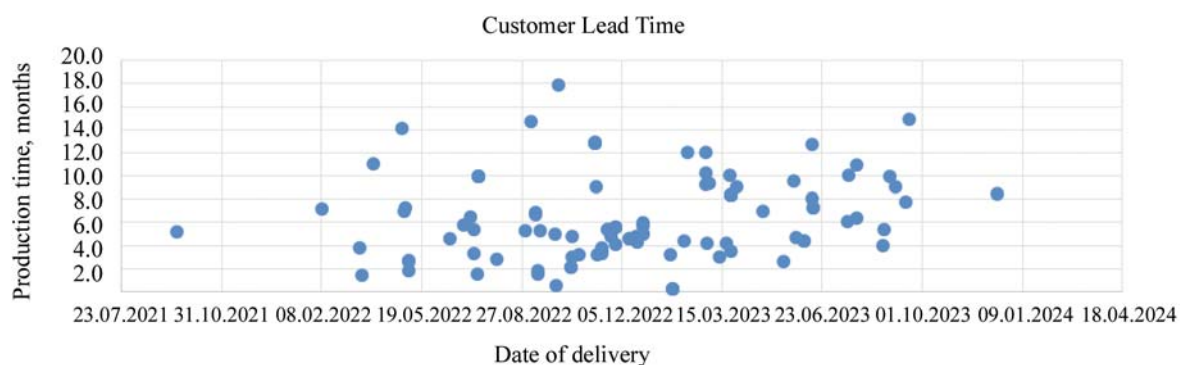


Fig. 4. Scatter diagram of the customer's waiting time from the date of the contract conclusion to the delivery of the object

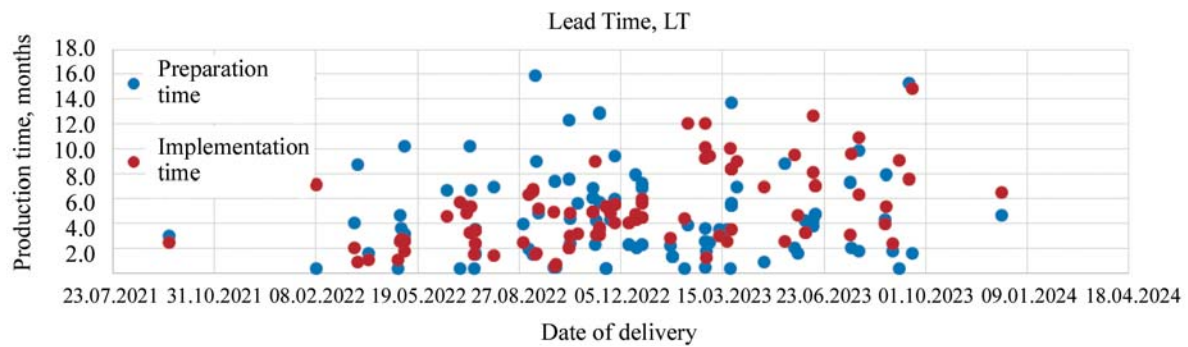


Fig. 5. Scatter diagram of the time of construction and installation works production and duration of the preparatory period

The rate at which project milestones are met is called the delivery rate. It is calculated as the inverse of the time between the last two events, and the average delivery rate for a given period can be calculated as the result of dividing the number of deliveries by the length of the time period.

Based on the data on the closing dates of all projects (Table 4), let us build a Cumulative Flow Diagram (CFD) (Fig. 6).

The vertical axis shows the number of completed events by cumulative total, the horizontal axis on the chart is the time scale, each work item undergoes all types of activity over time until all work on the construction project is completed. The diagram serves as a visual representation of the system's operation and also provides a quick assessment of the current state of the system and its key metrics. By analyzing the cumulative flow diagram, it is possible to identify problems and weaknesses that LCO may face, which is one of the main advantages of using the kanban method.

While ensuring an even workload, the width of the areas on the diagram will remain the same, this is

the ideal scenario of the company to which the management should strive, thereby ensuring smooth functioning of the entire system and even distribution of work among the departments, while an uneven width of any area is a signal that there is a problem in the process.

In the diagram above (Fig. 6), one can notice an unevenness in the width of the areas, which indicates deficiencies in the organization of the system's work; the green area, showing the number of estimates, expands in the first third of the diagram, and then the dynamics is repeated by the line of the beginning of the construction and assembly works, while the line of work completion remains uniform. Thus, there is an overload of production capacity due to the simultaneous implementation of a large number of new projects, which has increased the load on the remaining staff. One of the possible reasons may be the seasonality factor, which is present in the work of contracting organizations and forms the prerequisites for uneven loading of the construction production department in the spring and summer period.

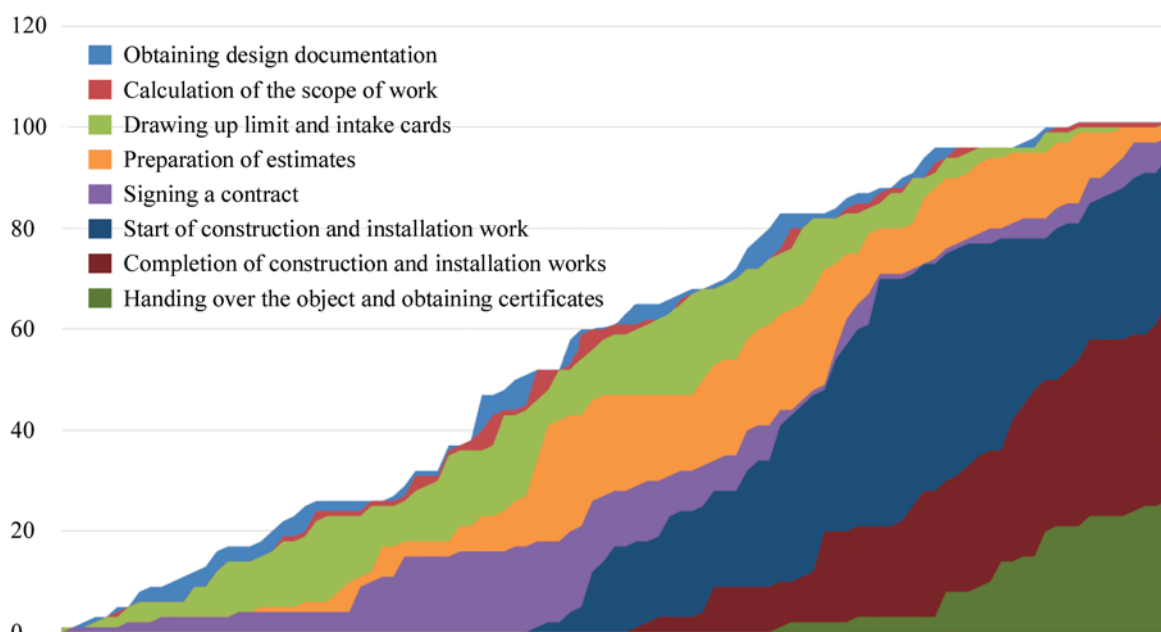


Fig. 6. Cumulative Flow Diagram

In a flow system, in which all elements are supplied (card work is completed), there is a simple dependence between the average values of indicators for a certain period. This dependence is known as Little's law [12, 13]:

$$\text{Completion rate} = \frac{\overline{\text{WiP}}}{\overline{\text{LT}}} = \frac{27}{9.93} = 3.16 \frac{\text{projects}}{\text{month}}, \quad (1)$$

where Completion rate is the average number of items worked in the kanban system per unit of time, for LCO it is the project completion rate; WiP — number of elements in operation per period; LT — average production time during which an element passes from the point of commitment to the point of delivery.

Using Little's law, let us analyze the indicators for the components of the kanban system using time-in-process (TiP) data. Time in process means the period during which an element is in the process under consideration [14], for example, the time required to calculate the amount of work on the received design documentation. Knowing the indicators of time in process, it is possible to determine the “throughput” for the elements of the kanban system. The number of work items both completed and discarded leaving the system per unit of time forms the throughput of the system, which is measured in the number of work items per unit of time:

$$\text{Throughput} = \frac{\overline{\text{WiP}}}{\overline{\text{TiP}}}, \quad (2)$$

where Throughput is the average number of work items leaving the system process per unit time; WiP is the average number of work items in operation in the process under consideration; TiP is the average time in the process.

Since in construction the lead time depends on the scope of work, which is different for each project, let us analyze the delivery rate and throughput for the preparatory period in the considered LCO (Table 5), which includes only intellectual labour and consists of the stages described above.

Thus, by obtaining the values of speed in process and throughput for each process, it is possible to set limits for work in progress. Introducing and enforcing WiP limits allows replacing the “push production” system with “pull production” systems [14, 15]. Overloading the system with an excessive number of partially completed projects increases the overall project production time and prevents the organization from being able to respond quickly to customer needs and react to emerging risks. Through observation, it is necessary to limit and optimize the amount of work in progress, which will subsequently lead to reduced production time, improved quality and increased speed of delivery.

CONCLUSION AND DISCUSSION

In recent decades, the kanban method has found wide application not only in manufacturing but also in other industries [16–18], including construction.

The kanban method helps to develop an understanding of what processes are going on in the company, to establish interrelationships between them, and to determine how many tasks employees can handle per

Table 5. Calculation of delivery rate and system capacity

Process	Throughput (projects per month)
Calculation of the scope of work	6.0
Drawing up limit and intake cards	16.9
Preparation of the project budget	18.4
Preparation of estimates	4.9
Signing the contract	2.9

unit of time and how much work can be delivered to customers. Once this understanding is achieved, you can move on to improving tasks and processes to more evenly distribute tasks and plan for results. As processes are improved, communication between employees increases and with it quality.

The application of the kanban method in large contracting organizations in the construction sector can significantly improve both project flow and business process management, increase resource efficiency and improve communication with customers. This method provides tools to visualize, manage and optimize work processes.

The advantages of implementing kanban as an information system in LCO operations include:

- visualization of the project management process: the kanban method provides a visual representation of current tasks and project milestones, which facilitates transparency and understanding of the status of work;
- process optimization: by analyzing kanban system data, companies can identify bottlenecks, redundant steps and other factors that hinder the effective implementation of projects [19];
- flexibility and adaptability: kanban allows for easy changes in priorities and resource allocation in response to new requirements or challenges, which is particularly important in the construction industry due to its dynamic nature;
- workflow control: kanban enables more efficient workflow management, preventing employee overload and ensuring an even distribution of tasks;
- continuous improvement of management processes: kanban metrics analyzes and systematic process studies encourage the search for opportunities to continuously improve the efficiency and quality of construction project management;
- analytical tools: the accumulative flow chart is a useful tool for visually and quickly analyzing the flow of projects by tracking changes over time, the chart allows you to recognize signals for intervention in order to understand emerging problems and obstacles in the flow of work. It not only helps to find the problem, but also dynamically shows how well the problem is being solved. The diagram can also be used to identify for which tasks the production capacity should be increased;
- the possibility of optimizing the timing of individual processes: the duration of processes can be analyzed

in a similar way to cost, optimizing the time in the process reduces the costs of construction production.

Thus, based on the results obtained, the necessary conditions for the implementation of a kanban system to

plan and control the flow of projects in LCO were identified. Preparation of planning and control stages in the implementation of projects in construction is the first step towards achieving efficient operation of the company.

REFERENCES

1. Koskela L. *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford, Stanford University, 1992.
2. *Production without losses for workers*. ICSI Publishing House, 2007; 136. (rus.).
3. George M. *Lean plus six sigma in the service sector. How lean manufacturing speed and Six Sigma quality help improve business* / trans. from English T. Gutman. Moscow, Mann, Ivanov and Ferber, 2011; 464. (rus.).
4. Karakozova I.V., Lebedeva A.E. Problems of digitalization of control over the implementation of investment and construction projects in modern conditions. *Economic and management technologies of the 21st century: theory and practice, training of specialists : materials of the All-Russian methodological and scientific-practical conference named after Doctor of Economic Sciences*. 2022; 3-7. EDN BESKYA. (rus.).
5. Womack J.P., Jones D.T. *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Free Press, 2003.
6. Anderson D.J., Carmichael A. *Kanban: a quick guide*. Lean-Kanban University, 2015; 102.
7. Anderson D.J. *Kanban: successful evolutionary change for your technology business*. Blue Hole Press, 2010.
8. Ribiantseva M.S., Moiseenko A.S., Khorolskaya T.E. Methodological recommendations for the card's implementation to accounting practice of construction organizations. *Scientific Journal of KubSAU*. 2015; 107:1601-1617. EDN TPWEEP. (rus.).
9. Schonberger R. *Japanese methods of production management. Nine simple lessons. Abbreviated translation from English* / Scientific editor, author's preface by L.A. Konarev. Moscow, Economics, 1988; 251. (rus.).
10. Arbulu R., Ballard G., Harper N. Kanban in construction. *Proceedings of IGLC-11*. 2003; 16-17.
11. Shingo S., Dillon A.P. *A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Routledge, 2019.
12. Little J.D.C. OR FORUM — Little's Law as Viewed on Its 50th Anniversary. *Operations Research*. 2011; 59(3):536-549. DOI: 10.1287/opre.1110.0940
13. Medonos M., Jurová M. Implementing lean production — application of little's law. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2016; 64(3):1013-1019. DOI: 10.11118/actaun201664031013
14. Liker J.K. *The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill, 2004.
15. Reinertsen D.G. *The principles of product development flow: second generation lean product development*. Celeritas Publishing, 2009.
16. Tyulkina K.L., Shein A.V., Danilova S.Yu. Application of the Kanban method in an enterprise. *Quality in production and socio-economic systems : collection of scientific papers of the 9th International Scientific and Technical Conference*. 2021; 241-245. EDN NRMMTL. (rus.).
17. Romantsov R.S., Chernositova E.S. Application of the kanban method to increase the efficiency of machine-building production. *Modern Materials, Technology and Technology*. 2017; 315-318. EDN YNXPZH. (rus.).
18. Akhmadullin A.R. Application of methods to reduce the production cycle time just-in-time, kanban in the production of metal tiles. *Economics and Business: Theory and Practice*. 2023; 5-1(99):34-37. DOI: 10.24412/2411-0450-2023-5-1-34-37. EDN MMKWUM. (rus.).
19. Hobbs D.P. *Implementation of lean manufacturing: a practical guide to business optimization*. Minsk, Grevtsov Publisher, 2007; 24-28. (rus.).

Received December 29, 2023.

Adopted in revised form on February 13, 2024.

Approved for publication on February 18, 2024.

B I O N O T E S: **Aleksandra E. Lebedeva** — postgraduate student of the Department of Management and Innovation; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; SPIN-code: 3373-1543, ORCID: 0009-0007-0843-9703; uncea@yandex.ru;

Irina V. Karakozova — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Management and Innovation; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; SPIN-code: 4750-3869, ORCID: 0000-0002-7913-919X; KarakozovaIV@mgsu.ru.

Contribution of the authors:

Aleksandra E. Lebedeva — concept of the study, collection and processing of material, writing the article.

Irina V. Karakozova — revision of the text, final conclusions.

The authors declare no conflict of interest.