

## СЕТЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ КАК БАЗОВЫЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ СРОКАМИ ВОЗВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

ПИКУС Д.М.<sup>1</sup>, ИЛЬЯСЕВИЧ Ю.Я.<sup>2</sup>, ШАМРО А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Экономика,  
организация строительства и управление недвижимостью»

<sup>2</sup> студент специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь

*Повышенное внимание к задачам подготовки к созданию строительной продукции вызвано динамикой экономических условий функционирования предприятий, использованием специфических проектных решений объектов, необходимостью координации деятельности всего количества участников строительного производства, что требует выделения подготовки к строительству объектов в самостоятельный многоэтапный процесс.*

*Применение грамотных организационно-технических и -технологических решений приводит к сокращению сроков строительства и обеспечивает сверхплановую прибыль. Ключевым звеном на этапе подготовки к строительству отдельного объекта выступает генпродрайчик, который осуществляет эту подготовку через разработку ППР с целью проработки рациональной технологии и организации строительства конкретного объекта данной строительной площадки. Календарный план является моделью строительного производства, а моделируя организацию строительства объекта, создаются условия для получения информации о поведении предполагаемой организационной системы строительства в реальных условиях.*

*Для формирования понимания процесса разработки календарных планов и моделирования строительного производства в целом, именно сетевая модель позволяет заложить эти основы, и является наиболее подходящей.*

*В связи с этим рассмотрение вопроса автоматизации процессов создания и расчета именно сетевых моделей является актуальным.*

*Ключевые слова: подготовка строительного производства, подготовка к строительству отдельного объекта, проект производства работ, календарное планирование, графическая модель, сетевая модель*

## NETWORK PLANNING AS A BASIC METHOD OF CONSTRUCTION DATE MANAGEMENT

PIKUS D.M.<sup>1</sup>, ILYASEVICH J.Y.<sup>2</sup>, SHAMRO A.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD in Technical, associate professor, Associate professor of the Department  
«Economics, Construction Organization and Real Estate Management»

<sup>2</sup> student of the specialty 1-70 02 01 "Industrial and Civil Construction"  
Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus

*Increased attention to the tasks of preparing for the creation of construction products is caused by the dynamics of the economic conditions for the functioning of enterprises, the use of specific design solutions for objects, the need to coordinate the activities of the entire number of participants in the construction industry, which requires the separation of preparation for the construction of objects into an independent multi-stage process.*

*The use of competent organizational, technical and technological solutions leads to a reduction in construction time and provides excess profit. The key link at the stage of preparation for the construction of a separate object is the general contractor, who carries out this preparation through the development of a WEP in order to develop a rational technology and organize the construction of a specific object of a given construction site. The calendar plan is a model of construction production, and by modeling the organization of the construction of an object, conditions are created for obtaining information about the behavior of the proposed organizational system of construction in real conditions.*

*To form an understanding of the process of developing schedules and modeling the construction industry in general, it is the network model that allows you to lay these foundations, and is the most appropriate.*

*In this regard, consideration of the issue of automating the processes of creating and calculating exactly network models is relevant.*

Key words: preparation of construction production, preparation for the construction of a separate facility, project for the production of works, scheduling, graphical model, network model

## ВВЕДЕНИЕ

Организация, как базовая функция управления, реализуемая при подготовке к созданию строительной продукции в виде зданий и сооружений, охватывает, в зависимости от уровня управления, организацию строительной отрасли, организацию строительного предприятия, организацию строительства отдельного объекта и организацию отдельной строительной работы.

В свою очередь повышенное внимание к задачам подготовки к созданию строительной продукции вызвано динамикой экономических условий функционирования предприятий, использованием специфических проектных решений объектов, необходимостью координации деятельности всего количества участников строительного производства, что и потребовало выделения подготовки к строительству объектов в самостоятельный многоэтапный процесс, для реализации которого требуются соответствующие этапам специалисты. Применение грамотных организационно-технических и -технологических решений в итоге приводит к сокращению сроков строительства, обеспечивает сверхплановую прибыль, в т.ч. за счёт досрочной сдачи объекта в эксплуатацию, снижения части общехозяйственных расходов и дополнительно выполненных объёмов работ на других объектах, и других факторов.

Сегодня существуют следующие виды подготовки строительного производства: *общая подготовка; подготовка строительной организации; подготовка к строительству отдельного объекта; подготовка к выполнению отдельного строительного процесса.* Каждый из перечисленных видов подготовки имеет свою цель, решает свои специфические задачи, однако между ними существует взаимосвязь и подготовка более низкого уровня управления является элементом подготовки более высокого уровня.

*Общая подготовка* решает вопросы, которые упорядочивают и регулируют в рамках принятых законов и постановлений взаимоотношения между всеми организациями участниками создания продукции строительства. На этом уровне подготовка заключается в основном в законотворческой деятельности высших органов власти, обеспечивающих едиными правилами ведения строительной деятельности.

*Подготовка строительной организации* заключается в разработке специалистами предприятия документов проекта организации работ (ПОР), обеспечивающих строительство и сдачу в срок с требуемым качеством объектов годовой программы, равномерную и непрерывную работу трудовых коллективов организации, а также в адаптации производства к внешним воздействиям с учетом потребностей партнеров по рынку строительных услуг с учетом концепции развития предприятия.

*Подготовка к строительству отдельного объекта* включает в себя:

- предпроектную подготовку заказчиком, которая предусматривает прединвестиционный период, результатом которого является правовой акт городской администрации о выделении

(предоставлении) земельного участка, разрешение на проведение проектно-изыскательских работ и строительство объекта, архитектурно-планировочное задание, обоснование инвестиций, план управления проектом и задание на проектирование;

- проектную подготовку проектировщиком, предусматривающую проведение разработки, согласования, экспертизы и утверждения проектной документации (архитектурного и/или строительного проекта);

- подготовку, непосредственно строительного производства, подразумевающую разработку организационно-технологической документации: проектировщиком – проекта организации строительства (ПОС); генподрядчиком – проекта производства работ (ППР).

*Подготовка к выполнению отдельного строительного процесса* предусматривает разработку генподрядчиком технологических карт и карт трудовых процессов на строительномонтажные работы по объекту.

В настоящее время строительная отрасль Республики Беларусь объединяет свыше 8,0 тысяч субъектов хозяйствования различных форм собственности, в том числе строительные организации, предприятия промышленности строительных материалов и стройиндустрии, проектные институты, научно-исследовательские и конструкторско-технологические организации, а всего в строительном комплексе трудится более 270 тыс. человек. Кроме того, строительный комплекс имеет развитую производственную базу. Заводы отрасли производят более 130 видов строительных материалов и изделий.

В строительной отрасли Республики Беларусь проводится целенаправленная работа по совершенствованию нормативно-технической и правовой базы, осуществляется регулирование строительной деятельности предприятий и организаций, независимо от их форм собственности и ведомственной принадлежности, посредством разработки и введения в действие нормативно-технических документов, обязательных для применения всеми субъектами хозяйствования в республике. Сегодня уже сложилась система технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь и создан Национальный комплекс технических нормативных правовых актов (ТНПА) в области архитектуры и строительства. С целью дальнейшего упорядочения требований ТНПА в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности (Указ Президента Республики Беларусь «О строительных нормах и правилах» от 05.06.2019 г. № 217), продолжается поэтапное реформирование Национального комплекса ТНПА в области архитектуры и строительства, в т.ч. посредством разработки строительных норм.

Таким образом, участники строительной деятельности определены и функционируют в законодательных рамках. Поэтому уже при наличии строительного проекта для объекта, генподрядчику до начала строительства необходимо понять, выявить и учесть связи и зависимости работ друг от друга, возможное влияние их на организацию строительной площадки, знать общий срок строительства, продолжительность выполнения отдельных работ, потребность в трудовых, материально-технических ресурсах, технологию выполнения строительных работ и т.п. Но любой строительный чертёж (план типового этажа, фасад, разрезы и т.д.) показывает, как должна выглядеть та или иная конструкция, или часть здания после завершения работ, или всего строительства, но ни один чертеж не показывает, в каком порядке следует выполнять работу или вообще осуществлять строительство объекта. И, следовательно, ключевым звеном на данном этапе выступает генподрядчик, который осуществляет подготовку к строительству отдельного объекта через разработку ППР с целью получения ответов на поставленные вопросы и проработки рациональной технологии и организации строительства конкретного объекта данной строительной площадки.

Что является исходными данными для разработки ППР, его состав, содержание и статус, как организационно-технологического документа, определены в СН 1.03.04 – 2020 «Организация строительного производства». В соответствии с данным нормативным документом строительномонтажные работы необходимо осуществлять только при наличии проекта производства работ, а в его состав включается, в т.ч. *«календарный график производства работ по объекту строительства или комплексный сетевой график, в котором устанавливаются*

последовательность и сроки выполнения работ с максимально возможным их совмещением, а также нормативное время работы строительных машин, определяется потребность в трудовых ресурсах и средствах механизации, выделяются этапы и комплексы работ, выполняемые бригадами, и определяется их количественный, профессиональный и квалификационный состав».[1]

Календарное планирование является неотъемлемым элементом организации строительного производства на всех его этапах и уровнях. Нормальный ход строительства возможен только тогда, когда заранее продумано, в какой последовательности будут вестись работы, какое количество рабочих, машин, механизмов и прочих ресурсов потребуется для каждой работы. Недооценка этого влечет за собой несогласованность действий исполнителей, перебои в их работе, затягивание сроков, удорожание строительства. Для предотвращения таких ситуаций разрабатывается календарный план, который выполняет функцию расписания работ в рамках принятой продолжительности строительства. Изменчивая обстановка на стройке может потребовать существенной корректировки такого плана, однако руководитель строительства должен четко представлять, что нужно делать в ближайшие дни, недели, месяцы.

Все здания, как правило, отличаются друг от друга как объемно-планировочными, так и конструктивными решениями. Одни объекты относительно простые, другие – достаточно сложные, но очевидно, что построить их быстро, с требуемым качеством без предварительной оценки особенностей объекта и сложных условий, которые могут возникнуть в процессе строительства, практически невозможно.

Календарный план в данном случае является моделью строительного производства, позволяющей задолго до начала строительства выявить все организационно-технологические взаимосвязи работ, увязать работы с материально-техническими ресурсами и предусмотреть организационные мероприятия, обеспечивающие требуемую продолжительность строительства. Таким образом, моделируя организацию строительства объекта, создаются условия для получения информации о поведении предполагаемой организационной системы строительства в реальных условиях.

Разработка модели строительного производства позволяет оценить и проанализировать будущий характер строительства объекта, выявить особенности, которые могут возникнуть и повлиять на процесс строительства объекта.

Для описания и соответственно моделирования процессов организации строительства объекта наибольшее применение получило графическое моделирование. С использованием графических способов можно моделировать процесс возведения объекта, выполнение отдельных работ и организацию строительной площадки.

Таким образом, под графической моделью понимают способ графического изображения принятой последовательности выполнения определенных действий при выполнении комплекса работ или строительства отдельного объекта. А разработка графической модели строительства объекта, является первым шагом при разработке основного документа в ППР - календарного плана строительства объекта.

Для организации строительного производства используются следующие виды графических моделей: линейные (графики Ганта); циклограммы; сетевые модели.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сегодня для реализации различных по сложности календарных планов в составе ППР используются современные инструменты моделирования строительного производства, в т.ч. технологии информационного моделирования – BIM-системы: Autodesk Revit, Nemetschek Allplan, Renga Architecture и др.; программное обеспечение из семейства программ управления проектами: Microsoft Project, Primavera, Rillsoft Project, Spider Project, НТЦ “Гектор” и т.п. Преимущественно в данных программных комплексах первичным является создание именно линейных моделей возведения зданий.

Специалист, для использования перечисленных программных продуктов для разработки календарных планов строительства объекта, должен обладать знаниями работы не только в самих программах, но и понимать, в чем заключается сам процесс создания моделей строительного производства, т.е. обладать полными знаниями в области организации строительства, понимать и уметь рассчитывать все временные параметры работ, специфику назначения взаимосвязей между ними, владеть основами графического моделирования. И тогда не принципиально, какую компьютерную программу он будет знать, и использовать для создания календарного плана, результат будет достигнут.

Для формирования понимания процесса разработки календарных планов и моделирования строительного производства в целом, именно сетевая модель и позволяет заложить основы, и является наиболее подходящей, так как в сетевой модели используется более наглядная форма представления информации, абсолютно достоверно через систему событий и технологических зависимостей определяется принятая взаимозависимость работ; выявляются критические и не критические работы, и соответственно, определяется критический путь, как наибольший, характеризующий продолжительность строительства; по не критическим работам - рассчитываются возможные резервы времени для использования их при проведении корректировок планов и управления производством.

Обращаясь к расчету сетевых моделей, наибольшее распространение получил графический способ расчета, так как он позволяет разработчику календарного плана получаемую в процессе расчета цифровую информацию соотносить с графическим материалом и более ясно представлять ситуацию, которая может возникнуть в процессе реализации решений сетевого графика.

Как известно, работы, лежащие на критическом пути, называются критическими, так как они не обладают резервами времени и соответственно должны выполняться за расчетное время, и любой перенос начала работы на более поздний срок приведет к срыву срока сдачи объекта. Работы, лежащие на подкритических участках сети, называются не критическими, так как имеют резервы времени, а наличие таких резервов позволяет учитывать их при управлении строительным производством в условиях изменчивости производственной ситуации (погодные условия; отсутствие финансирования, материалов, механизмов, рабочих, фронта работ, и другие риски по различным причинам).

Кроме того, за счет классификации на критические и не критические работы (знания о наличии или отсутствии резервов времени работ) появляется возможность проведения корректировки (оптимизации) календарных планов строительства объектов по различным критериям, т.е. учета требований государства и возможностей заказчика (застройщика), поставщика, подрядчика и потребителя строительной продукции, а также возможность формирования поточного (непрерывного) выполнения работ.

Подобные возможности есть и у других видов графических моделей, но с учетом вышесказанного, работая с сетевой моделью на начальном этапе развития знаний и навыков, понимание всех процессов достигается более глубоко и с меньшими затратами по времени.

В связи с этим рассмотрим, какие сегодня существуют прикладные программные комплексы, позволяющие формировать и рассчитывать именно сетевые графики, и как эти программы соответствуют существующим обозначениям (*линии, стрелки, кружки*), элементам (*работа, событие, зависимость, ожидание*), параметрам (*раннее начало, позднее окончание, общий и частный резерв времени работы, продолжительность критического пути*), правилам построения и способам расчета (*графический, табличный*) сетевых моделей.

Рассмотрим на примере построение сетевого графика в прикладной программе «NetGraph» [3]. Это продвинутая и лёгкая в освоении прикладная программа для разработки и моделирования сетевых графиков.

Процесс создания модели начинаем с добавления необходимого количества событий, расставляя и проводя нумерацию согласно графику. Данному процессу соответствует рисунок 1.

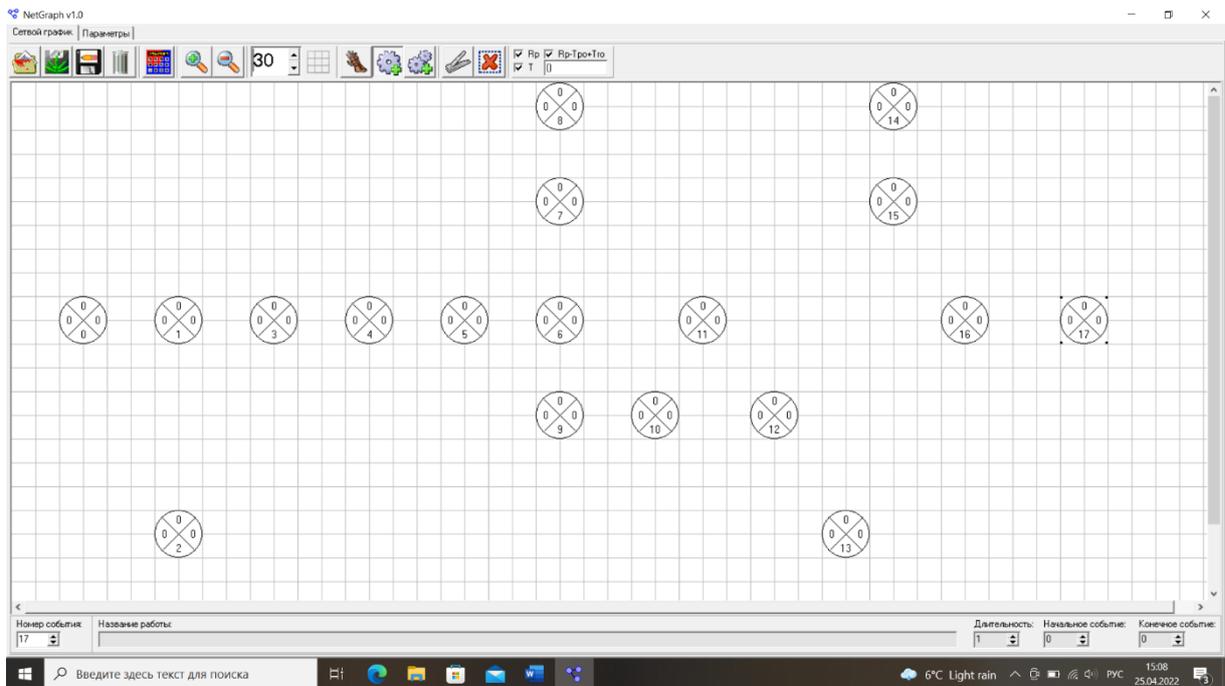


Рисунок 1 - Добавление событий  
 Источник: собственная разработка авторов

После расставления всех событий создаем связи между ними, добавляя работу. Выполнение этой операции отражает рисунок 2. Таким образом получаем промежуточный результат.

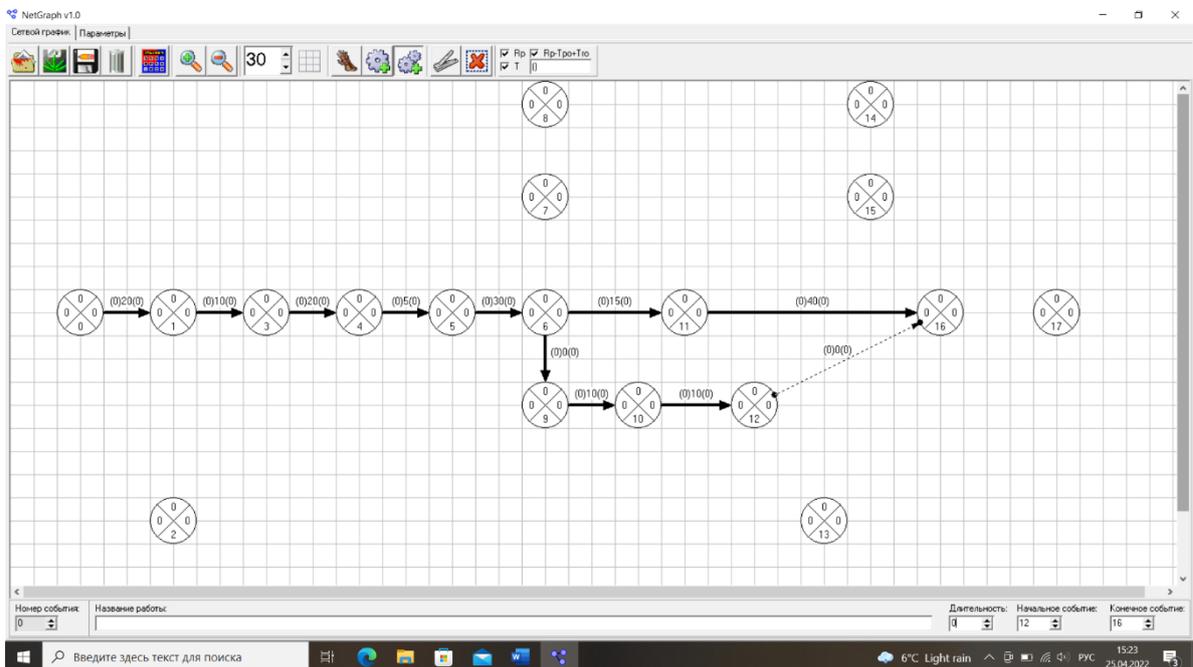


Рисунок 2 - Добавление работы  
 Источник: собственная разработка авторов

Конечный результат получен на рисунке 3 (рассчитаны раннее начало, позднее окончание, общий и частный резерв времени работы, продолжительность критического пути) в режиме построения.

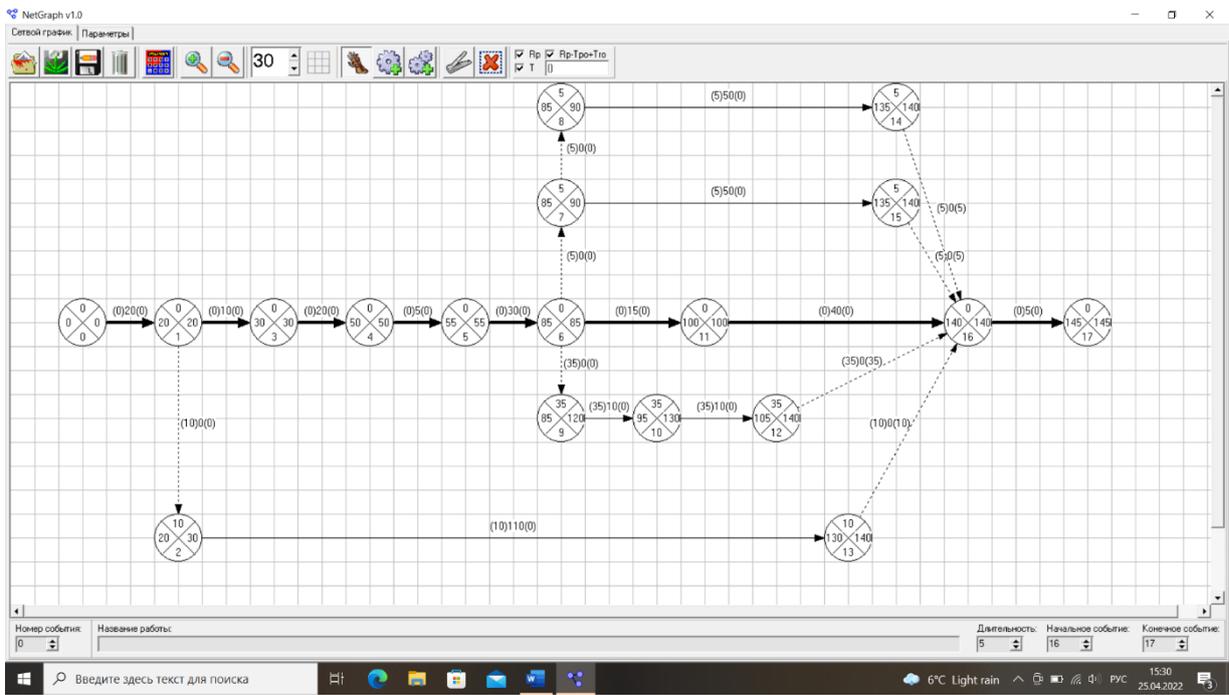


Рисунок 3 - Конечный результат  
 Источник: собственная разработка авторов

После нажатия кнопки «расчет параметров» получаем конечный результат в виде расчетной таблицы с отображением наименования работ на рисунке 4.

Код	Название	t	Три	Тро	Тгн	Тпо	Рпн	Рс
01	Подготовительные работы	20	0	20	0	20	0	0
1-3	Земляные работы	10	20	30	20	30	0	0
3-4	Возведение подвальной части	20	30	50	30	50	0	0
4-5	Обратная засыпка	5	50	55	50	55	0	0
5-6	Возведение надземной части	30	55	85	55	85	0	0
6-11	Устройство кровли	15	85	100	85	100	0	0
11-16	Отделочные работы	40	100	140	100	140	0	0
6-9		0	85	85	120	120	35	0
9-10	Столярные работы	10	85	95	120	130	35	0
10-12	Благоустройство	10	95	105	130	140	35	0
12-16		0	105	140	140	140	35	35
1-2		0	20	20	30	30	10	0
2-13	Прочие работы	110	20	130	30	140	10	0
13-16		0	130	140	140	140	10	10
6-7		0	85	85	90	90	5	0
7-8		0	85	85	90	90	5	0
8-14	Э/л работы	50	85	135	90	140	5	0
7-15	С/л работы	50	85	135	90	140	5	0
15-16		0	135	140	140	140	5	5
14-16		0	135	140	140	140	5	5
16-17	Сдача объекта	5	140	145	140	145	0	0

Рисунок 4 - Расчетная таблица  
 Источник: собственная разработка авторов

Далее аналогичные действия проведем с помощью прикладной программы расчета и построения сетевых графиков «Borghiz» [4].

Процесс создания подобной модели начинаем с введения параметров элементов (начало, конец и длину элемента), что представлено на рисунке 5.

Borghiz - расчёт сетевых графиков в редакции Александра Пушкина

Критический путь [L=85]: '1' -> '2' -> '4' -> '5' -> '6' -> '7' ->

Нач. точка 1 Кон. точка 7

К-во предш. работ	Начало	Конец	Продолжит.	В.Р.Н.	В.Р.О.	В.П.Н.	В.П.О.	О.З.В.	Ч.З.В.	Дата
0	1	2	20	0	20	0	20	0	0	30.12.1899
1	2	4	10	20	30	20	30	0	0	19.01.1900
1	4	5	20	30	50	30	50	0	0	29.01.1900
1	5	6	5	50	55	50	55	0	0	18.02.1900
1	6	7	30	55	85	55	85	0	0	23.02.1900
1	7	12	15	85	100	70	85	-15	0	25.03.1900
2	12	17	40	100	140	45	85	-55	0	09.04.1900
4	17	18	5	140	145	80	85	-60	-60	19.05.1900
1	7	10	0	85	85	85	85	0	0	25.03.1900
1	10	11	0	85	85	85	85	0	0	25.03.1900
1	11	12	5	85	90	85	90	5	0	04.04.1900
1	11	13	0	95	95	100	100	5	5	04.04.1900
1	13	17	35	105	140	140	140	35	35	14.04.1900
1	2	3	0	20	20	30	30	10	0	19.01.1900
1	3	14	110	20	130	30	140	10	0	19.01.1900
1	14	17	0	130	130	140	140	10	10	09.05.1900
1	7	8	0	85	85	90	90	5	0	25.03.1900
1	8	16	50	85	135	90	140	5	0	25.03.1900
1	16	17	0	135	135	140	140	5	5	14.05.1900
1	8	9	0	85	85	90	90	5	0	25.03.1900
1	9	15	50	85	135	90	140	5	0	25.03.1900
1	9	15	0	135	135	140	140	5	5	14.05.1900

Параметры элемен...  
 Начало элемента 15  
 Конец элемента 17  
 Длина элемента 0

Рисунок 5 - Введение параметров элементов  
 Источник: собственная разработка авторов

После введения начальных параметров (начало, конец и длину элемента), вводим начальную (1) и конечную (18) точки. В результате, получаем значения (раннее окончание, ранее начало, позднее окончание, позднее начало, общие запасы времени и частные запасы времени). Выполнение данной операции отражает рисунок 6.

Borghiz - расчёт сетевых графиков в редакции Александра Пушкина

Критический путь [L=145]: '1' -> '2' -> '4' -> '5' -> '6' -> '7' ->

Нач. точка 1 Кон. точка 18

К-во предш. работ	Начало	Конец	Продолжит.	В.Р.Н.	В.Р.О.	В.П.Н.	В.П.О.	О.З.В.	Ч.З.В.	Дата
0	1	2	20	0	20	0	20	0	0	30.12.1899
1	2	4	10	20	30	20	30	0	0	19.01.1900
1	4	5	20	30	50	30	50	0	0	29.01.1900
1	5	6	5	50	55	50	55	0	0	18.02.1900
1	6	7	30	55	85	55	85	0	0	23.02.1900
1	7	12	15	85	100	85	100	0	0	25.03.1900
2	12	17	40	100	140	100	140	0	0	09.04.1900
5	17	18	5	140	145	140	145	0	0	19.05.1900
1	7	10	0	85	85	90	90	5	0	25.03.1900
1	10	11	10	85	95	90	100	5	0	25.03.1900
1	11	12	0	95	95	100	100	5	5	04.04.1900
1	11	13	10	95	105	130	140	35	0	04.04.1900
1	13	17	0	105	105	140	140	35	35	14.04.1900
1	2	3	0	20	20	30	30	10	0	19.01.1900
1	3	14	110	20	130	30	140	10	0	19.01.1900
1	14	17	0	130	130	140	140	10	10	09.05.1900
1	7	8	0	85	85	90	90	5	0	25.03.1900
1	8	16	50	85	135	90	140	5	0	25.03.1900
1	16	17	0	135	135	140	140	5	5	14.05.1900
1	8	9	0	85	85	90	90	5	0	25.03.1900
1	9	15	50	85	135	90	140	5	0	25.03.1900
1	15	17	0	135	135	140	140	5	5	14.05.1900

Рисунок 6 - Результат введения начальной и конечной точки  
 Источник: собственная разработка авторов

Далее располагаем события по номерам, как показано на рисунке 7.

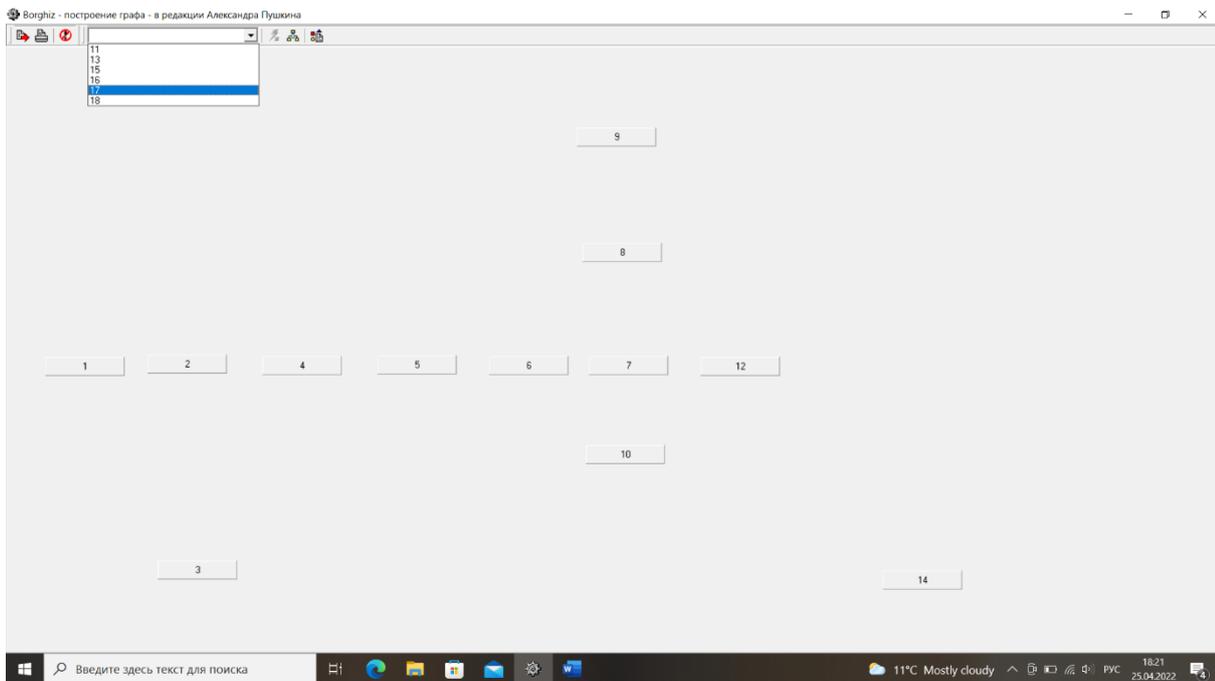


Рисунок 7 - Компановка графической модели  
 Источник: собственная разработка авторов

Заканчиваем компановку событий на рисунке 8 18-ым событием.

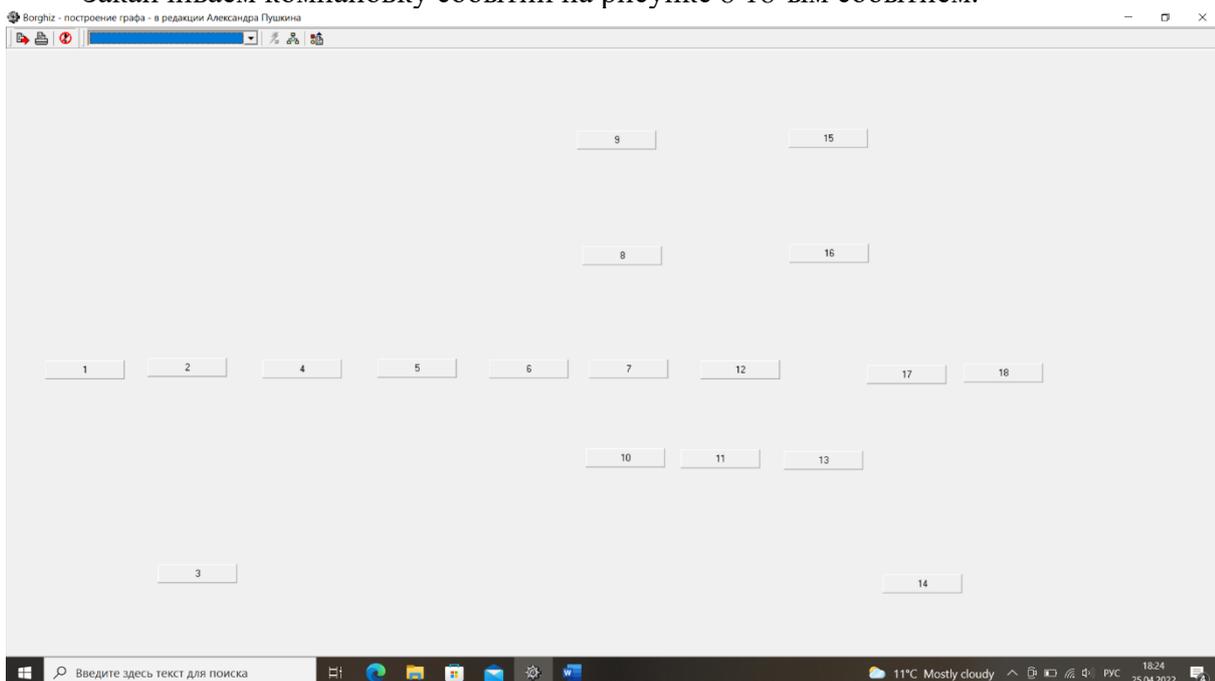


Рисунок 8 - Окончательный вид заданного графика  
 Источник: собственная разработка авторов

Построенный сетевой график в данной программе, показан на рисунке 9.

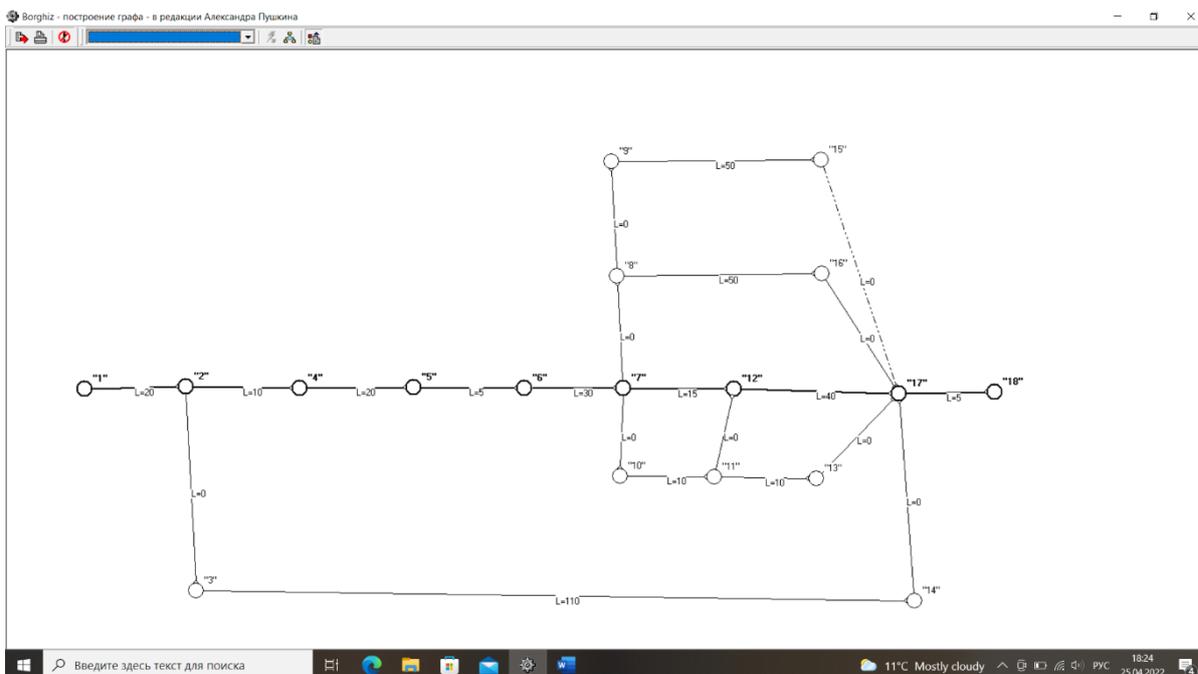


Рисунок 9 - Конечный результат в виде графика

Источник: собственная разработка авторов

## ВЫВОДЫ

Таким образом, в ходе проведенного поиска по интернет источникам выявлено, что существует возможность реализовывать сетевые модели, создавать и рассчитывать сетевые графики по базовым подходам с помощью предлагаемых прикладных программных комплексов «NetGraph» [3], «Borghiz» [4].

Но стоит отметить, что, работая посредством названных программ, закрепляется навык и отрабатывается механизм построения и расчета сетей, усваивается методика их расчета, однако строительное производство требует от программных комплексов более совершенного интерфейса, графики, функционала, привязки к строительным сметам, экспорта и импорта данных, более широких возможностей вывода результатов на печать и т.п.

Следовательно, целесообразно продолжить исследования и поиск более развитых программных комплексов для построения и расчета сетевых моделей строительства объектов, а актуальность данной задачи предопределена.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СН 1.03.04 – 2020. Организация строительного производства.
2. Пикус, Д. М. Организация и управление в строительстве: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1 / Д. М. Пикус, Н. И. Зайко. - Минск: РИВШ, 2021. - 166 с.: ил.
3. <https://netgraph.ru.uptodown.com/windows/download>. – Дата доступа: 06.04.2022.
4. [http://prepod2000.kulichki.net/item\\_326.html](http://prepod2000.kulichki.net/item_326.html). – Дата доступа: 06.04.2022.

## REFERENCES

1. CN 1.03.04 - 2020. Organization of construction production.
2. Pikus, D. M. Organization and management in construction: textbook. At 2 h. Part 1 / D. M. Pikus, N. I. Zaiko. - Minsk: RIVSH, 2021. - 166 p. : ill.
3. <https://netgraph.ru.uptodown.com/windows/download>. – Date of access : 06.04.2022.
4. [http://prepod2000.kulichki.net/item\\_326.html](http://prepod2000.kulichki.net/item_326.html). – Date of access : 06.04.2022.