РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

625.72:004.4

КАЛЕНДАРНО-СЕТЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ MSPROJECT

Т.В. Боброва[1], А.А.Дубенков[2]
[1]ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия;
[2]Компания Ronas IT, г. Омск, Россия

Аннотация. *В статье раскрываются особенности организационно-технологического проектирования линейно-протяженных объектов в контексте современного развития технологий информационного моделирования автомобильных дорог (ИМД). Предложен метод автоматизированного построения календарно-сетевых графиков строительства автомобильных дорог в среде MSProjectс учетомпространственной декомпозиции линейно-протяженного объекта на однородные участки. Обозначены принципы иерархической структуризации видов работ и технологических процессов. Представлен пример перехода от линейного графика и диаграммы Ганта, построенной в программе MSProject,к сетевым моделям по методу критического пути с учетом вариантов растяжения фронтальных и ресурсных связеймежду работами Определены условия имитационного моделирования в среде MSProject для выявления рисков производства работ и оперативного управления строительством. Изложенный в статье подход раскрывает дополнительные возможности проектирования организации строительства линейных объектов, направленные на повышение эффективности методов информационного моделирования в строительстве*

Ключевые слова: *информационное моделирование, линейно-протяженный объект, календарно-сетевой график, среда MSProject*

ВВЕДЕНИЕ

Развитие технологии информационного моделирования в строительстве (BIM) применительно к автомобильным дорогам, которые относятся к линейно-протяженным объектам, осуществляется в нашей стране на базе совершенствования методов САПР и ГИС технологий. В журнале «САПР и ГИС автомобильных дорог», издаваемом с начала 2014 года, авторы [1.2.3] и другие последовательно излагают свое видение методических и организационных аспектов этой проблемы. Рассматриваются варианты взаимодействия информационных моделей разных типов на этапах жизненного цикла (ЖЦ) автомобильной дороги от предпроектной подготовки до стадии эксплуатации. Авторы [4,5] отмечают, что для полноценного внедрения BIM технологий в виде информационной модели дороги (ИМД) необходимо учитывать особенности и специфику нормативно-технической базы в дорожной отрасли России.

Реализация комплексного подхода к ИМД в нашей стране по сути только начинается, хотя уровень проработки отдельных моделей в системе САПР достаточно высокий [16]. Дальнейшее развитие информационных технологий в этой области предполагает комплексное управление автомобильными дорогами, основанное на конвергенциимоделей проектных, строительных и эксплуатационных работ.Важным этапом в развитии автоматизированного проектирования, по мнению А.В. Скворцова [6]: «стал перенос акцента с технического проектирования объекта на комплексное управле-

ние видоизменяющимся объектом в течение всего его жизненного цикла».Для достижения этих целей автор [3 обосновывает актуальность дальнейшего развития программного обеспечения отечественных технологий ИМД, направленных на обеспечение интеграции систем разных производителей к работе с 4D информационными моделями дорог.

Уникальность BIM технологии, на которую ориентируются отечественные и зарубежные разработчики, заключается в том, что все элементы комплекса моделей должны быть связаны определенными зависимостями[7,8,9,10,11]. При изменении отдельного элемента модели объекта обновление документации, связанной с этим элементом, осуществляется автоматически на разных стадиях ЖЦ проекта.

В статье Лигоцкого А.Н [12] анализируется опыт ОАО «Союздорпроект» в разработке проектной документации с применением технологии информационного моделирования в среде общих данных программных продуктов компании AutodeskValut. В качестве специального программного обеспечения проекта использовалась отечественная САПР IndorCAD компании «ИндорСофт» (г. Томск).

Авторы [6,12],анализируя обеспечение концепции ИМД различными информационными технологиями в разрезе стадий ЖЦ автомобильных дорог, называет совместимыми с BIM технологиями в области управления проектами разработки компаний Revit и ProjectWise

Это означает, что на данном этапе развития ИМД есть смысл рассматривать вопросы организационно-технологического проектирования транспортных объектов с позиций существующих программных продуктов в частности MSProject, OraclePrimavera и т.д. К тому же именно эти продукты получили достаточно широкое распространение в отечественных бизнес структурах и в проектных организациях. Выходные документы этих программ в виде календарно-сетевых графиков совместимы с BIM+4D технологиями.Как заказчик, так и подрядчик могут на стадии реализации проекта отслеживать исполнение календарно-сетевого графика строительства автомобильной дороги в режиме визуализации, автоматически формировать исполнительную документацию.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ MSPROJECT

Календарное планирование транспортных объектов, имеет свои особенности, которые отмечены в ряде нормативных документов[13,14]. Если говорить о календарных графиках строительства автомобильных дорог в составе ПОС и ППР, то в основном они представлены в виде обычных линейных графиков, на которых укрупненно, и невсегда корректно, отображаются объемы и сроки выполнения отдельных видов работ.Недостаточная проработка вопросов организации строительства в составе проектной документации является одним из факторов нарушения плановых сроков ввода объектов в эксплуатацию. Преимущество сетевого планирования, в котором отображается критический путь, резервы времени для управления проектами, давно доказано, но определенные трудности расчетов линейного поточного строительства-существенно усложняют разработку сетевых моделей в среде MSProject. К таким факторам относятся: влияние внешних природно-климатических факторов, сезонность работ, неравномерность распределения объемов по длине дороги, изменение производительности отрядов на отдельных участках, многовариантностьтехнологий и ряд других. В то же время в последних версиях MSProject эти трудности можно преодолеть, используя определенные методики, и выйти на календарно-сетевое планирование линейных объектов в автоматизированном режиме.

В рамках данной статьи мы не будем останавливаться детально на технологии работы в программе. Это можно сделать, ознакомившись с работами ряда авторов, например[15]. Отметим тольконекоторые особенности планирования в среде MSProject,которые должны предшествовать разработке календарного графика. Процесссстроительства в этой программепервоначально отображается в виде ленточной диаграммы Ганта. Основной характеристикой работы является продолжительность ее выполнения. Взаимосвязь между основными видами графиков: линейным, диаграммой Ганта и сетевым графиком можно представить в виде схемы (рисунок 1) [16].

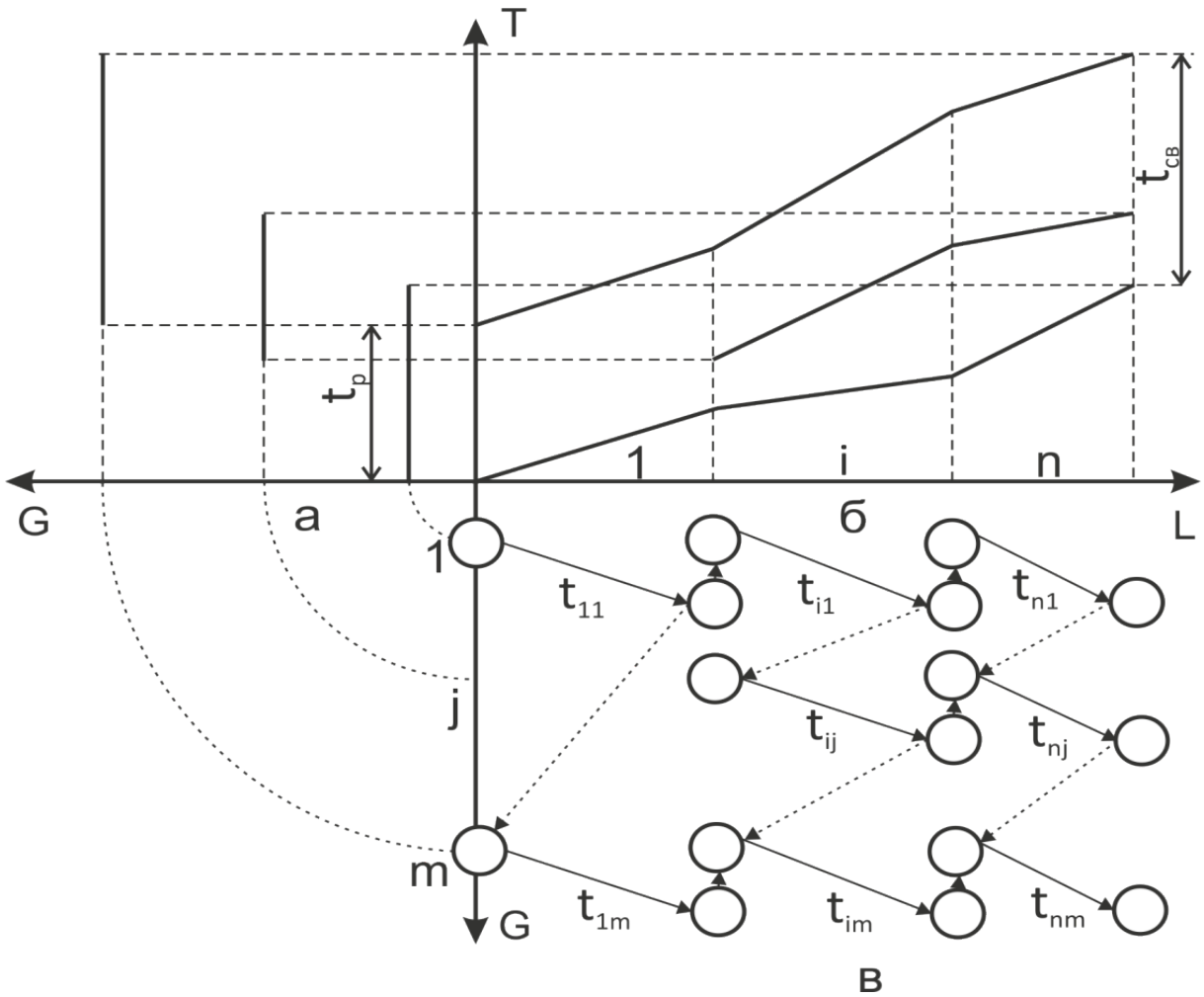


Рисунок 1 – Модели календарного планирования линейного объекта:
а – линейный график; б – ленточный график Ганта; в – сетевой график;
G – вид работ; L– длина общего фронта работ; T – время ;
t_{ij}– ритм j-го вида работ на i-м частном фронте; m – число видов работ;
n – число частныхфронтов;
t_p, $t_{св}$– продолжительность периодов развертывания и свертывания потоков

На этой схеме, видно, что перенос данных из линейной модели в сетевую модель возможен при разделении линейного объекта на участки.

Учитывая неравномерность распределения объемов по длине дороги, разные технологические условия работы комплектов машин и другие факторы, линейный объект может быть представлен в виде совокупности относительно однородных участков. Разделение на однородные участки можно осуществлять разными методами. В работах[17,18,19] этот процесс определен как структурно-модульная декомпозиция объекта. Для проектирования организации строительства также осуществляют декомпозицию комплексного дорожно-строительного процесса:выделяют специализированные потоки (по элементам дорожной конструкции); рабочие технологические процессы и операции с учетом конструктивных особенностей реализации проектных решений на отдельных линейных модулях.

Для построения укрупненного линейного графика на уровне специализированных отрядов можно использовать организационно-технологическую модель [20]. Увязка работ в этой модели осуществляется по фронту работ, обеспечивая непрерывность использования ресурсов. Такой тип модели можно использовать на первой стадии для увязки специализированных потоков по фронту работ. Результатом расчета является линейный график работы

специализированных отрядов, учитывающий все организационно-технологические факторы и особенности сезонного характера производства работ в дорожном строительстве. В то же время условие непрерывности использования ресурсов, заложенное в данной модели, может увеличивать срок строительства.

Перенос данных с линейного графика на диаграмму Ганта в MSProject, осуществляют в соответствии со схемой, отображенной на рис.1. В программе MSProject можно представить иерархическую структуру строительного процесса с той степенью детализации, которая необходима для отображения производственных связей с учетом уровня проектирования.

Основными элементами, которые нужно обозначить для построения диаграммыГанта, являются: дата начала работ проекта, декомпозиция работ проекта, продолжительности работ в принятых единицах измерения (сутки, смены , часы); ресурсные и фронтальные связи между работами. Именно от этих параметров будет в дальнейшем зависеть построение сетевой модели.

Для корректного отображения в графике условий производства работ, необходимо настроить календарный график, отразив в нем рабочие и нерабочиедни, сменность, продолжительность смены. Расчет ленточного графика в форме диаграммы Ганта заключается в определении ранних сроков начала и окончания работ на отдельных участках дороги.

Ранний срок начала каждой работы - это наиболее ранний срок ее начала, не противоречащий связям между работами и их длительностям.

Связи между работами отражаются в виде определенных математических зависимостей и учитывают организационные и технологические перерывы или совмещения работ на общем фронте (временные лаги). Временной лаг между каждой предшествующей и последующей работой может иметь как положительное, так и отрицательное значение. В терминологии сетевого планирования эти зависимости называют растяжением связей.

В программе используют следующие виды связей: ОН– последующая работы может начаться только после окончания предшествующей; НН – работа последующая начинается после того, как начнется работа предшествующая; КК – работа последующая может завершиться после того, как завершится предшествующая; НК –работа последующая может завершиться только после начала последующей.

Преимуществом использования программы MSProject является автоматический расчет сетевого графика, т.е. определение поздних сроков начала и окончания работ, резервов времени на отдельных работах, выявление критического пути, на котором работы не имеют резервов времени. В то же время расчет сетевого графика будет зависеть от тех исходных параметров по организации работ, которые были внесены на стадии формирования графика Ганта.

В математической модели ранние сроки начала и окончания работ на участках (модулях) определяют прямым последовательным проходом по всем видам работ с учетом условий взаимодействия технологических процессов по временным параметрам:

1. Расчет ранних сроков начала и окончания технологических процессов на отдельных участках выполняется по формулам:

2.

$$t_{ij}^{\text{ор}} = t_{ij}^{\text{нр}} + \tau_{ij}\ ; \qquad (1)$$

$$t_{ij}^{\text{нр}} = \max\begin{cases} t_{i(j-1)}^{\text{ор}} + t_{\text{тех}} \\ t_{i(j-1)}^{\text{ор}} \pm t_{\text{орг}}\ , \end{cases} \qquad (2)$$

где $t_{ij}^{\text{нр}}$, $t_{ij}^{\text{ор}}$, τ_{ij}, – соответственно даты раннего начала, окончания и продолжительности выполнения i-го технологического процесса на j-м участке; $t_{\text{тех}}$, $t_{\text{орг}}$ – соответственно, технологические и организационные перерывы в работе отрядов или совмещение на общем фронте работ (отрицательный лаг), ед. времени;

2. Условия выполнения технологических процессов в определенные сезоны года: (лс) − летний; (зс) –зимний:

$$t_{ij}^{\text{н}}(\text{лс}) \geq t_{\text{лс}}^{\text{н}}\ ; \qquad t_{ijs}^{\text{о}}(\text{лс}) \leq t_{\text{лс}}^{\text{о}}; \qquad (3)$$

$$t_{ijs}^{\text{н}}(\text{зс}) \geq t_{\text{зс}}^{\text{н}}\ ; \qquad t_{ijs}^{\text{о}}(\text{зс}) \leq t_{\text{зс}}^{\text{о}}\ , \qquad (4)$$

где $t_{\text{лс}}^{\text{н}}, t_{\text{лс}}^{\text{о}}$, $t_{\text{зс}}^{\text{н}}$, $t_{\text{зс}}^{\text{о}}$ – соответственно даты начала и окончания летнего и зимнего сезонов.

Возможность ограничения на календарные сроки выполнения работ (сезонные работы) предусмотрена в программе.

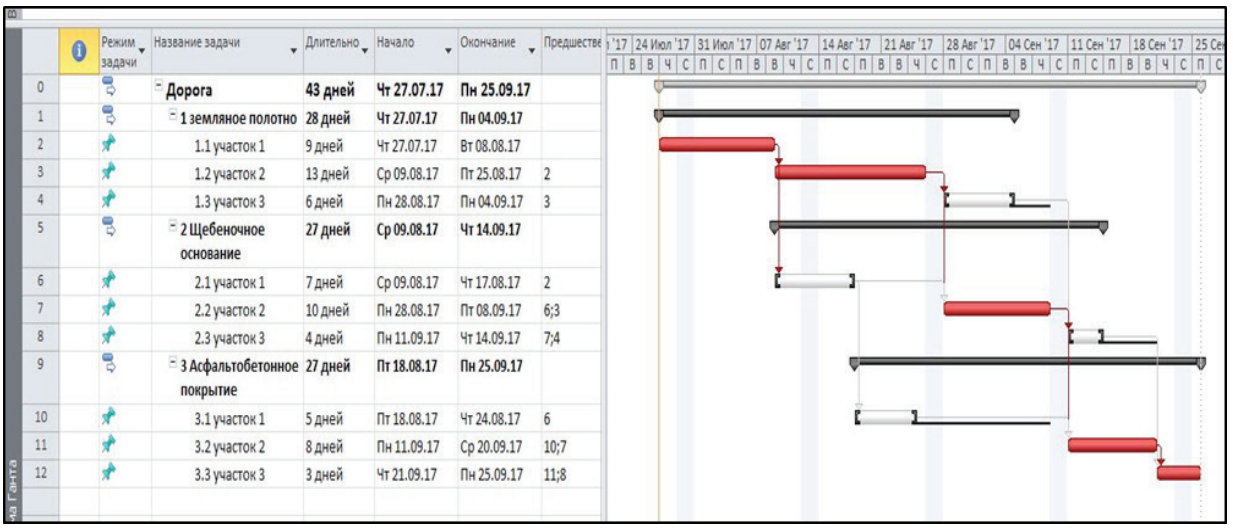
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ВАРИАНТОВ СЕТЕВОГО ГРАФИКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Рассмотримметодику расчета сетевого графика строительства линейного объекта в MSProjectна простом демонстрационном примере.

Дорога разбита по длине на три участка с относительно однородными условиями производства работ. На этих участках ведется строительство трех конструктивных элементов поточным методом: земляное полотно, щебеночное основание, асфальтобетонное покрытие. Определены: дата начала строительства, продолжительность выполнения каждого вида работ на каждом участке. В первом варианте организации строительства (рисунок 2а) связи между каждой предыдущей и последующей работой представлены по схеме ОН с нулевым растяжением связей. Были рассчитаны календарные сроки начала и окончания работ с общей продолжительностью строительства 43 дня.

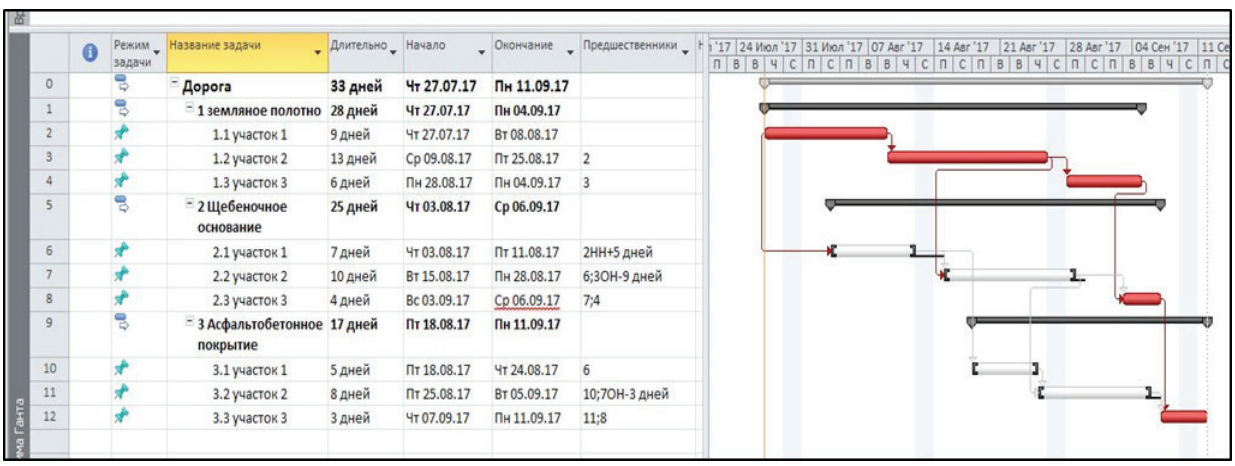
Учитывая возможность совмещения работ на общем фронте при поточном методе, был составлен второй вариант организации строительства (рисунок 2б)

а)



	Режим задачи	Название задачи	Длительно	Начало	Окончание	Предшестве
0		Дорога	43 дней	Чт 27.07.17	Пн 25.09.17	
1		1 земляное полотно	28 дней	Чт 27.07.17	Пн 04.09.17	
2		1.1 участок 1	9 дней	Чт 27.07.17	Вт 08.08.17	
3		1.2 участок 2	13 дней	Ср 09.08.17	Пт 25.08.17	2
4		1.3 участок 3	6 дней	Пн 28.08.17	Пн 04.09.17	3
5		2 Щебеночное основание	27 дней	Ср 09.08.17	Чт 14.09.17	
6		2.1 участок 1	7 дней	Ср 09.08.17	Чт 17.08.17	2
7		2.2 участок 2	10 дней	Пн 28.08.17	Пт 08.09.17	6;3
8		2.3 участок 3	4 дней	Пн 11.09.17	Чт 14.09.17	7;4
9		3 Асфальтобетонное покрытие	27 дней	Пт 18.08.17	Пн 25.09.17	
10		3.1 участок 1	5 дней	Пт 18.08.17	Чт 24.08.17	6
11		3.2 участок 2	8 дней	Пн 11.09.17	Ср 20.09.17	10;7
12		3.3 участок 3	3 дней	Чт 21.09.17	Пн 25.09.17	11;8

б)



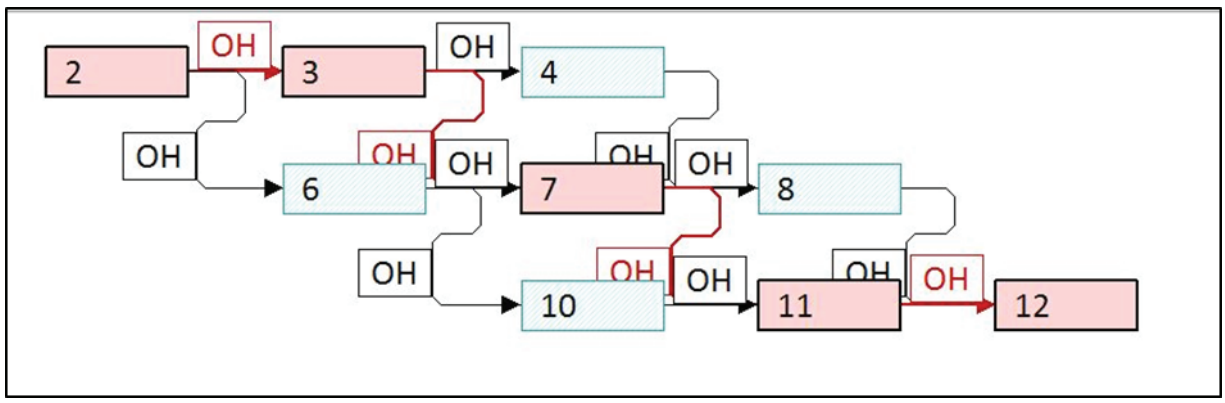
	Режим задачи	Название задачи	Длительно	Начало	Окончание	Предшественники
0		Дорога	33 дней	Чт 27.07.17	Пн 11.09.17	
1		1 земляное полотно	28 дней	Чт 27.07.17	Пн 04.09.17	
2		1.1 участок 1	9 дней	Чт 27.07.17	Вт 08.08.17	
3		1.2 участок 2	13 дней	Ср 09.08.17	Пт 25.08.17	2
4		1.3 участок 3	6 дней	Пн 28.08.17	Пн 04.09.17	3
5		2 Щебеночное основание	25 дней	Чт 03.08.17	Ср 06.09.17	
6		2.1 участок 1	7 дней	Чт 03.08.17	Пт 11.08.17	2НН+5 дней
7		2.2 участок 2	10 дней	Вт 15.08.17	Пн 28.08.17	6;3ОН-9 дней
8		2.3 участок 3	4 дней	Вс 03.09.17	Ср 06.09.17	7;4
9		3 Асфальтобетонное покрытие	17 дней	Пт 18.08.17	Пн 11.09.17	
10		3.1 участок 1	5 дней	Пт 18.08.17	Чт 24.08.17	6
11		3.2 участок 2	8 дней	Пт 25.08.17	Вт 05.09.17	10;7ОН-3 дней
12		3.3 участок 3	3 дней	Чт 07.09.17	Пн 11.09.17	11;8

Рисунок 2 – Графики Ганта в MSProject: а - вариант 1; б – вариант 2.
Обозначения: ▭ - некритические работы; ▬ - работы критического пути

Продолжительности работ остались без изменения, но были изменены связи между работами. Фронтальная связь между строительством земляного полотна и щебеночного основания на первом участке отображена зависимостью (2НН+5дн). Это означает, что шестой вид работ начинается на 5 дней позже начала второго вида работ. Нумерация работ здесь и далее приведена в первом столбце диаграммы Ганта (см. рис.2а,б).В растяжение связи (5 дней) включено время развертывания первых двух потоков. Соответствующие изменения по совмещению фронтов работ внесены в 7 и 11 виды работ. Изменения вносились перемещением мышкой вида работ на графике Ганта. В программе автоматически пересчитывались сроки начала и окончания работ, критический путь. Общая продолжительность работ по второму варианту составила 33 дня.

По каждому из вариантов сетевые графикирассчитаны автоматически и представленыв виде сокращенных схем на рисунке 3а,б. Определены критические пути, резервы времени в днях на некритических работах. Номера работ в прямоугольниках на схемах3а,б совпадают с нумерацией видов работ (рис. 2а – первый столбец). В программе сетевые графики можно видеть в более детализированном виде с информацией по срокам и длительности работ.

а)



б)

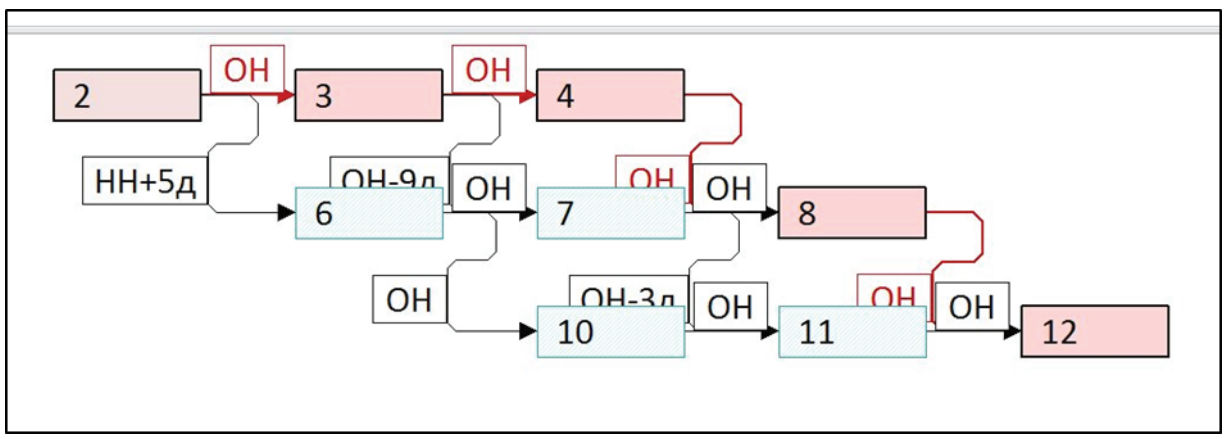


Рисунок 3 – Сетевые графики по вариантам:
а – вариант1; б – вариант 2
Обозначения: критический путь по варианту 1: 2-3-7-11-12;
критический путь по варианту 2: 2-3-4-8-12;
порядковые номера совпадают с графой 1 на рисунке 1.

Нужно отметить, что в программе можно продолжить декомпозицию видов работ до уровня рабочих процессов и операцийпо схемам технологических карт [21,22]. Опыт разработки сетевых графиков по технологической карте строительства земляного полотна описан в работе [20]. При этом можно учесть, что даже на однородных участках объемы и протяженность сменной захватки могут меняться. Этот вопрос в дальнейшем будет изучен более детально. Важным преимуществом программы является возможность отражения реального хода работ и оперативного управления строительством с учетом временных резервов, обозначенных в процессе сетевого планирования.

Преимущество данных моделей в том, что при имитационном моделировании на основе сетевых графиков с вероятностными параметрами, может меняться структура графика, критического пути, но при этом сохраняютсяограничения по ресурсным и фронтальным связям. Такие возможности заложены только при моделировании на основе сетевых графиков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современное представление об информационном моделированиижизненного цикла автомобильной дороги предполагает автоматизацию всех процессов проектирования, в том числе и на стадии организации работ. Изложенный в статье подход раскрывает дополнительные возможности использования программыMSProject для расчета сетевых графиков линейных объектов,вариантного проектирования организации строительства, расчета ресурсного обеспечения на протяжении периода строительства, отражения реального хода производства работ и оперативного управления строительством. Принципы иерархического представления декомпозиции видов работ заложены и в системе сметного ценообразования, что позволяет использовать эту программу для дальнейших сметных и финансовых расчетов. Существуют и другие программы, которые могут применяться для целей проектирования организации строительства линейных объектов (OraclePrimavera, COMOKC.CMP, ADVANTA, SPIDER). Нужно отметить, что принципы проектирования календарных графиков в этих программах достаточно общие, переход от одной программы к другой не составляет особых трудностей. Однако MSProject является в настоящее время более доступной программой (она включена в пакет программ MSOffice), может быть использована в пространственно-временном моделировании в связке со многими другими программами отечественных и зарубежных фирм. Учитывая актуальность решения вопросов информационного моделирования в транспортном строительстве, целесообразно включать освоение программы в учебный процесс по дисциплинам «Организация строительства дорог», «Управление проектами в транспортном строительстве» для направления подготовки «Строительство» для всех уровней, начиная с уровня бакалавра.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 1-7

2. Баранник С.В. Применимость BIM-технологий в дорожной отрасли //САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015 №1(4) С. 24-28.

3. Величко Г.В. Как развивать отечественные технологии информационного моделирования дорог? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С.13-19.

4. Скворцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение bim автомобильных дорог// САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 22-32.

5. Миронюк В.П. Структура информационной модели автомобильно дороги на предпроектной стадии. // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. №2(5). С. 25-29.

6. Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог. // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. №2(5). С. 4-12.

7. Chavada R., Dawood N., Kassem M. Construction workspace management: the development and application of a novel nD planning approach and tool // J. Inform. Technol. Constr. (ITcon). -2012. -Vol. 17. -P. 213-236.

8. Ting W., Ying Y., Xiao L. The impact of BIM application to the project organizational process//3rd International Conference on Civil Engineering, Architecture and Building Materials. Jinan, 2013. No.357. Pp. 2524-2528.

9. Moon H., Dawood N., Kang L. Development of workspace conflict visualization system using 4D object of work schedule//Advanced Engineering Informatics. -2014. -Vol. 28, № 1. -P. 50-65.

10. Kang I.S., Moon H.S., Dawood N., Kang M.S. Development of methodology and virtual

system for optimised simulation of road design data // Automation in Construction. 2010. Vol 19. No. 8. Pp. 1000-1015.

11. Райкова Л.С Д.А. 3D-визуализация как современная технология повышения качества проектных решений / Л.С. Райкова, С.С. Анисимов, Д.А. Петренко // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 20−24.

12. Лигоцкий А.Н. Информационное моделирование при разработке проектной документации // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2016. № 1(6). С 12-18

13. Организация строительства. СНиП 12-01-2004* (СП 48.13330.2011) − Organizationofconstruction. − Взамен СНиП 3.01.01-85*. Введ. 2015.01.01.–СПб : ДЕАН., 2005. – 63 с.

14. СП 32-104-98 (актуал. 2008.10.01.) Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520мм // Утв. ОАО ЦНИИС, 1996.12.27. – 95 с.

15. Бовтеев С. В.Информационные технологии в строительстве. Управление строительными проектами в среде MicrosoftProject 2013 Professional :учеб.пособие / С. В. Бовтеев. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 292 с.

16. Карпов Б.Н. Основы строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог: учебник для студ.учрежденйсре.проф. образования / Б.Н. Карпов. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 208с.

17. Боброва Т.В. Совершенствование организационно-технологического проектирования линейных транспортных объектов на основе моделирования их пространственной декомпозиции / Т.В. Боброва, А.А. Дубенков, И.В.Тытарь // Системы. Методы. Технологии. – 2016. - № 4. - С.169-175.

18. Боброва Т.В. Моделирование проектных решений земляного полотна в условиях криолитозоны: монография / Т.В. Боброва, Е.А. Бедрин , А.А. Дубенков. - Омск: СибАДИ. 2016. – 164с

19. Дубенков, А.А. Структурно-модульный подход к проектированию земляного полотна автомобильных дорог в условиях многолетнемерзлых грунтов на основе линейного районирования: автореф.дис…канд.техн. наук:05.23.11 / А.А.Дубенков; науч.рук.доц. Е.А.Бедрин: СибАДИ. – Омск. 2015. –23с.

20. Боброва, Т.В. Проектно-ориентированное управление производством работ на региональной сети автомобильных дорог : монография. – Омск : Изд-во СибАДИ, 2006. – 334 с.

21. KaluginYu.B. Universal method for calculation of reliable completion times. MagazineofCivilEngineering. 2016. No. 7. Pp. 70–80.

22. Синенко С.А. Применение современных информационных технологий для формирования технологических карт выполнения строительных процессов. // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) № 5 (14), 2015 | ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. С.149-151

CALENDAR-NETWORK PLANNING OF CONSTRUCTION OF LINEAR OBJECTS IN THE MEDIUM OF MS PROJECT

T.V. Bobrova, A.A. Dubenkov

Abstract. *The article reveals the features of the organizational and technological design of linear-extended objects in the context of modern development of information modeling technologies for highways (IMD). The method of automated construction of calendar-network schedules of construction of highways in the MS Project environment is proposed, taking into account the spatial decomposition of a linearly extended object into homogeneous areas. The principles of hierarchical structuring of types of work and technological processes are indicated. An example of a transition from a linear graph and a Gantt chart constructed in the MS Project to network models using the critical path method is given, taking into account the options for stretching frontal and resource links between the work. The conditions for simulation modeling in the MS Project environment for identifying the risks of production and operational management of construction . The approach outlined in the article reveals additional possibilities for designing the organization of construction of linear objects aimed at improving the effectiveness of methods of information modeling in construction*

Key words: *information modeling, linear-extended object, calendar-network graph, MS Project environment*

REFERENCES

1. Bojkov V.N. IT-tehnologii v podderzhke zhiznenno gocikla dorog.SAPR i GIS avtomobilnyh dorog [IT-technologies in supporting the life cycle of roads], 2014. no. 1(2).pp. 1-7. (rus)

2. Barannik S.V. Primenimost BIM-tehnologij v dorozhnoj otrasli.SAPR i GIS avtomobilnyhdorog [Applicability of BIM-technologies in the road sector], 2015 no 1(4) P. 24-28.(rus)

3. Velichko G.V. Kak razvivat otechestvennye tehnologii informacionnogo model irovaniya dorog? [How to develop domestic technologies of information modeling of roads?]SAPR i GIS avtomobilnyhdorog, 2015. no. 2(5).pp.13-19.(rus)

4. Skvorcov A.V. Normativno-tehnicheskoe obespechenie bim avtomobilnyh dorog.SAPR i GIS avtomobilnyhdorog [Normative and technical support of bim highways], 2014. no 2(3). pp. 22-32. (rus)

5. Mironyuk V.P. Struktura informacionnoj modeli avtomobilnodorogina pred proektnoj stadii [The structure of the information model is automotive at the pre-project stage]. SAPR i GIS avtomobilnyhdorog, 2015. no 2(5). pp. 25-29.(rus)

6. Skvorcov A.V. Trudnosti perehoda ot avtomatizirovannogo proektirovaniya k informacionnomu modelirovaniyu dorog [Difficulties of transition from computer-aided design to informational modeling of roads]. SAPR i GIS avtomobilnyhdorog, 2015. no.2(5).pp. 4-12.(rus)

7. Chavada R., Dawood N., Kassem M. Construction workspace management: the development and application of a novel nd planning approach and tool [Construction workspace management: the development and application of a novel nD planning approach and tool]. J. Inform. Technol. Constr. (ITcon). 2012. Vol. 17. pp. 213-236.

8. Ting W., Ying Y., Xiao L. The impact of BIM application to the project organizational process [The impact of BIM application to the project organizational process]. Prd International Conference on Civil Engineering, Architecture and Building Materials. Jinan, 2013. no 357. pp. 2524-2528.

9. Moon H., Dawood N., Kang L. Development of workspace conflict visualization system using 4D object of work schedule [Development of workspace conflict visualization system using 4D object of work schedule]. Advanced Engineering Informatics, 2014. Vol. 28, no.1. pp.50-65.

10. Kang I.S., Moon H.S., Dawood N., Kang M.S. Development of methodology and virtual system for optimised simulation of road design data [Development of methodology and virtual system for optimised simulation of road design data]. Automation in Construction, 2010. Vol 19. no. 8. pp. 1000-1015.

11. Rajkova L.S D.A. 3D-vizualizaciya kak sovremennaya tehnologiy apovysheniya kachestva proektnyh reshenij [3D-visualization as a modern technology to improve the quality of design solutions]. L.S. Rajkova, S.S. Anisimov, D.A. Petrenko. SAPR i GIS avtomobilnyh dorog, 2014. no 1(2). pp. 20−24. (rus)

12. Ligockij A.N. Informacionnoe modelirovanie pri razrabotke proektnoj dokumentacii. SAPR i GIS avtomobilnyh dorog [Information modeling in the development of project documentation, CAD and GIS roads]. 2016. no. 1(6). pp 12-18. (rus)

13. Organizaciya stroitelstva [Organization of construction]. SNiP 12-01-2004* (SP 48.13330.2011). Organization of construction. VzamenSNiP 3.01.01-85*. Vved. 2015.01.01. SPb. DEAN., 2005. 63p.(rus)

14. SP 32-104-98 (aktual. 2008.10.01.) Proektirovanie zemlyanogo polotna zheleznyh dorog kolei 1520mm [Design of the roadbed of railways of the gauge 1520mm].Utv. OAO CNIIS, 1996.12.27. 95p.(rus)

15. Bovteev S. V. Informacionnye tehnologii v stroitelstve [Information technologies in construction]. Upravlenie stroitelnymi proektami v srede Microsoft Project 2013 Professional :ucheb. posobie. S. V. Bovteev. SPb. Izd-voPolitehn. unta, 2013. 292 p. (rus)

16. Karpov B.N. Osnovy stroitelstva, remonta i soderzhaniya avtomobilnyh dorog [Fundamentals of construction, repair and maintenance of highways]. uchebnik dlya stud.uchrezhdenjsre.prof. obrazovaniya. B.N. Karpov. Moscow, Izdatelskijcentr «Akademiya», 2011. 208 p.(rus)

17. Bobrova T.V. Sovershenstvovanie organizacionno-tehnologicheskogo proektirovaniya linejnyh transportnyh obektov na osnove modelirovaniyaih prostranstvennoj dekompozicii [Improvement of organizational and technological design of linear transport objects on the basis of modeling their spatial decomposition]. T.V. Bobrova, A.A. Dubenkov, I.V.Tytar.Sistemy.Metody.Tehnologii. 2016, no.4. pp.169-175. (rus)

18. Bobrova T.V. Modelirovanie proektnyh reshenij zemlyanogo polotna v usloviyahkriolitozony: monografiya [Modeling of design decisions of a road cloth in the conditions of cryo-lithozones]. T.V. Bobrova, E.A. Bedrin , A.A. Dubenkov. Omsk, SibADI, 2016. 164p. (rus)

19. Dubenkov, A.A. Strukturno-modulnyjpodhod k proektirovaniy u zemlyanogo polotna avtomobilnyh dorog v usloviyah mnogoletne merzlyh gruntov na osnove linejnogo rajonirovaniya

[Structural-modular approach to the design of the roadbed of motor roads in conditions of permafrost soils on the basis of linear zonation]. avtoref. dis…kand.tehn.nauk: 05.23.11.A.A.Dubenkov; nauch.ruk.doc. E.A. Bedrin. SibADI, Omsk, 2015. 23 p.(rus)

20. Bobrova, T.V. Proektno-orientirovannoe upravlenie proizvodstvom rabot na regionalnoj seti avtomobilnyh dorog [Project-oriented management of the production of works on the regional network of highways: monograph]. Monografiya, Omsk, Izd-voSibADI, 2006. 334 p.(rus)

21. KaluginYu.B. Universal method for calculation of reliable completion times [Universal method for calculation of reliable completion times]. Magazine of Civil Engineering. 2016. no. 7. pp. 70–80. (rus)

22. Sinenko S.A. Primenenie sovremennyh informacionnyh tehnologij dlya formirovaniya tehnologicheskih kart vypolneniya stroitelnyh processov [Application of modern information technologies for the formation of technological maps for the implementation of construction processes]. Evrazijskij Soyuz Uchenyh (ESU) no 5(14), 2015. TEHNIChESKIE NAUKI. pp.149-151. (rus)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Боброва Татьяна Викторовна (Омск. Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Экономика и проектное управление в транспортном строительстве» ФГБОУ ВО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира,5,. e-mail: bobrova.tv@gmail.com).

Bobrova Tatyana Viktorovna (Omsk, Russia) – Dr. Tech. In Economics, Professor of the Department «Economics and Project Management in Transport Construction», FGBOU V SibADI (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: bobrova.tv@gmail.com).

Дубенков Андрей Алексеевич (Омск, Россия) – инженер-программист, «RonasIT- компания» г. Омск. (644099, Омск, Россия ул. Гагарина, 14, e-mail: hrnthrnt@gmail.com).

Dubenkov Andrey Alekseevich (Omsk, Russia) – Software Engineer, Ronas IT Company (644099, Omsk, Russia 14 Gagarin St., e-mail: hrnthrnt@gmail.com).

УДК 691.168; 691.327

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ГИДРАТАЦИИ ЦЕМЕНТА НА СВОЙСТВА ПОЛУЧАЕМОГО НА ЕГО ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ*

С.С. Иноземцев, Е.В.Королев
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Россия

Аннотация. *В работе представлены результаты исследований по определению влияния дисперсий цементного камня с различной степенью гидратации в качестве минерального наполнителя на свойства асфальтобетонов. Установлено, что увеличение количества воды затворения, участвующей в процессе гидратации портландцемента приводит к снижению показателя битумоемкости за счет изменения морфологии поверхности зерен минерального наполнителя, увеличения до 3,5 раз объема микро- и мезопор. Показано, что температурная обработка рассматриваемых порошков при 160 °С приводит к незначительному увеличению показателя битумоемкости. Подтверждено образование новых соединений при взаимодействии битума с рассматриваемыми наполнителями. Обоснована возможность использования минеральных порошков из цементного камня различной степени гидратации.*

Ключевые слова: *цементный камень, степень гидратации, наполнитель, асфальтовое вяжущее, асфальтобетон*

* Исследования проведены при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприя-тий в научно-технической сфере в рамках программы «УМНИК»