

чается появление диагональных трещин, начинающихся ниже траектории отогнутой арматуры и меняющих направление на более пологое в месте пересечения отогнутого каната.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Abaqus 6.13 – Analysis User's Guide, volume III : Materials. – Dassault Systemes Simulia Corp., Providence : RI, 2013. – 699 p.
2. Кривицкий, П.В. Сопротивление срезу предварительно напряженных железобетонных балок с полого отогнутыми канатами: дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / П.В. Кривицкий ; БрГТУ. – Брест, 2016 – 167 с.
3. Кривицкий, П.В. Влияние основных факторов на сопротивление преднапряженных железобетонных балок с канатной отогнутой арматурой изгибу с поперечной силой / П.В. Кривицкий, В.Н. Малиновский // Вестник БрГТУ. – 2016. – № 1(97) : Строительство и архитектура. – С. 94–98.
4. Малиновский, В.Н. Экспериментальные исследования влияния конструктивных факторов на сопротивление изгибу с поперечной силой преднапряженных железобетонных балок с канатной отогнутой арматурой / В.Н. Малиновский, П.В. Кривицкий // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч. тр., вып. 8 / РУП «Институт БелНИИС»; редкол. : О.Н. Лешкевич (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – С. 134–154.
5. Бетонные и железобетонные конструкции : СНБ 5.03.01-02. – Введ. 20.06.2002. – Минск : М-во archit. и строит. РБ, 2003. – 143 с.
6. Concrete Structures standard – Part 1 – The Design of Concrete Structures : NSZ 3101-1 (2006). – Concrete Design Committee P 3101, Aug., 2008. – 295 p.
7. Гениев, Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона / Г.А. Гениев, В.Н. Киссюк. – Москва : Стройиздат, 1974. – 316 с.
8. Bortolotti, L. First Cracking Load of Concrete Subjected to Direct Tension / L. Bortolotti // ACI Materials Journal. – Jan.-Feb., 1991. – Vol. 88, № 1. – P. 70–73.

Материал поступил в редакцию 29.01.2018

KRIVITSKIY P.V., MATWEENKO N.V. Prestressed concrete beams with flat bent-up reinforcement mathematic model with different shear spans

The article presents the results of mathematical simulation of prestressed reinforced concrete beams with a rational kind of reinforcement placement. For assessment of mode of deformation bending beam-type it is traditionally applied classical test circuit scheme is traditionally applied – free single-span beam loaded two concentrated forces in a third span.

Changing the loading scheme effects on crack formation load (in beam with relational span shear $a/h=1,67$ in 2,3 times above, as compared with beam with relational span shear 4,33) and fracture scheme.

УДК 69.05:658.512.6.001.24

Кузьмич П.М., Милашук Е.С.

ОБ УЧЕТЕ ВЛИЯНИЯ СОБЫТИЙ В КАЛЕНДАРНОМ ПЛАНИРОВАНИИ

В организационно-технологическом моделировании (ОТМ) строительства объектов, реализации проектов применяются, как правило, три вида моделей: диаграмма Гантта, циклограмма и сетевая модель. Во всех видах моделей присутствуют такие элементы, как работа, процесс, ожидание и т. п. Но только в сетевых моделях, кроме выше перечисленных элементов, используется зависимость и событие.

Процесс перехода от организационно-технологической модели к календарному плану заключается в присвоении элементам ОТМ продолжительностей (продолжительность работы, процесса, ожидания и т.п.) и последующем расчете по определенной методике временных параметров календарного плана (сроки начала и окончания работ, резервы времени, общая продолжительность). В теории относительности событие – моментальное локальное явление, происходящее в уникальном времени и месте. Очень близкое приведенному дается определение события и в теории сетевого планирования, где событие определяется как факт окончания одной или нескольких операций (работ) необходимый и достаточный для начала последующих операций (работ). Из данного определения вытекает, что длительность события в расчетах принимается равной нулю. Данное утверждение можно рассматривать как ложное, вытекающее из предположения, что продолжительность события стремится к нулю. В действительности же очевидно, что факт окончания одной операции и начала другой операции не может происходить и, как правило, не происходит мгновенно. При расчете временных параметров сетевой модели это обстоятельство в определенной степени учитывается лишь на цепочках событий, формируемых операциями (работами) не критического пути [1, 2, 3, 4]. В работах предлагаются подходы, направленные на устранение данного недостатка существующих методик расчета временных параметров сетевых моделей.

Но в основе этих подходов лежит предположение о том, что сроки свершения событий подчиняются тем же закономерностям, что и продолжительности работ (операций). При сопоставлении результатов расчетов по упомянутым методикам [2, 3, 4] с фактическими данными по ряду уже реализованных проектов становится очевидно, что расчетные данные оказываются несколько завышенными.

В качестве возможных вариантов можно предложить задавать длительность событий:

- 1) в виде некоторой «константы», одинаковой для всех событий;
- 2) в виде случайной величины из диапазона продолжительностей, предшествующих данному событию работ (операций);
- 3) экспертно или на основе статистических данных в зависимости от видов стыкуемых операций (работ) или с учетом организационного уровня исполнителей завершающих выполнение предшествующих работ (операций) и приступающих к выполнению последующих операций (работ).

Данные подходы, во-первых, требуют определенного статистического материала, а, во-вторых, не учитывают то существенное обстоятельство, что сроки свершения событий начиная с начального и до завершающего увеличиваются в зависимости не только от суммы продолжительностей работ, предшествующих данному событию, но и от множества других факторов (организационного уровня исполнителей, погодных условий, форс-мажорных обстоятельств и т. п.).

С учетом изложенного предлагается устанавливать сроки свершения событий, учитывая, во-первых, ранг события, во-вторых, влияние случайных факторов на эти события. Ранг события можно определить как номер события в ветви графа данной сетевой модели.

При расчете временных параметров продолжительность работ

Кузьмич Петр Михайлович, к.т.н., доцент кафедры экономики и организации строительства Брестского государственного технического университета.

Милашук Екатерина Сергеевна, ассистент кафедры экономики и организации строительства Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Строительство и архитектура

выбирается из диапазона $0,5t \pm 1,5t$, что соответствует высокому организационному уровню исполнителей [1], с использованием генератора случайных чисел (ГСЧ). Нижний диапазон свершения события (T_n) определяем в соответствии с методикой, изложенной в [2] и [4]. Верхний диапазон свершения события (T_e), в зависимости от способа присвоения рангов событиям, определяем по следующим формулам:

$$T_e = T_n \cdot \left(1 + \frac{n_i}{n}\right) \cdot k \quad (1)$$

в том случае, когда самый низкий ранг, равный 1, присваивается начальному событию, а завершающему самый высокий;

$$T_e = T_n \cdot \left(1 + \frac{n - n_i}{n}\right) \cdot k \quad (2)$$

в том случае, когда завершающему событию присваивается самый низкий ранг, равный 1, а начальному событию присваивается самый высокий ранг, соответствующий количеству уровней графа сетевой модели;

где n_i – ранг события в соответствующей ветви графа сетевой модели;

n – количество уровней в соответствующей ветви графа сетевой модели;

k – приоритет события (устанавливается индивидуально).

С использованием ГСЧ срок свершения события выбираем в диапазоне от T_n до T_e .

По данной методике выполнен расчет сетевой модели с исходными данными, приведенными на рисунке 1. На рисунке 2 представлен результат расчета сетевого графика с детерминированными временными параметрами работ и «нулевой длительностью» событий. Выполним расчет сетевого графика с учетом влияния рангов событий по предлагаемой методике. Для этого строим граф сетевой модели (рисунок 3). Принимаем, что в проекте участвуют исполнители с высоким организационным уровнем, то есть продолжительность работ находится в диапазоне от $0,5t$ до $1,5t$.

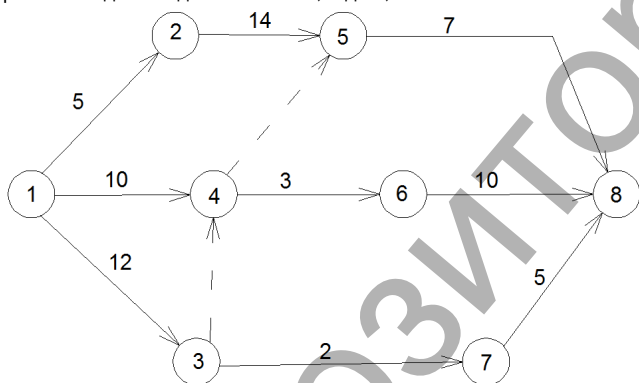


Рисунок 1 – Исходный сетевой график

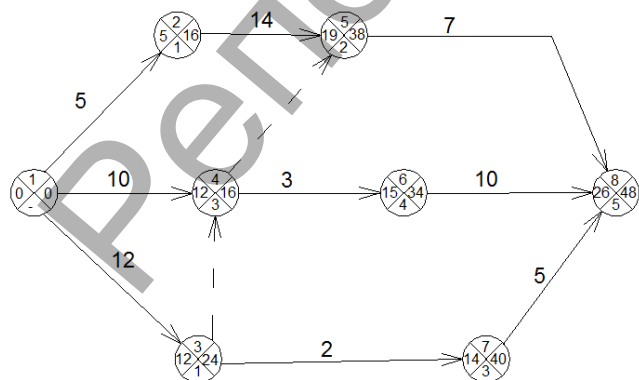


Рисунок 2 – Результаты расчета сетевого графика с детерминированными временными параметрами работ и «нулевой длительностью» событий

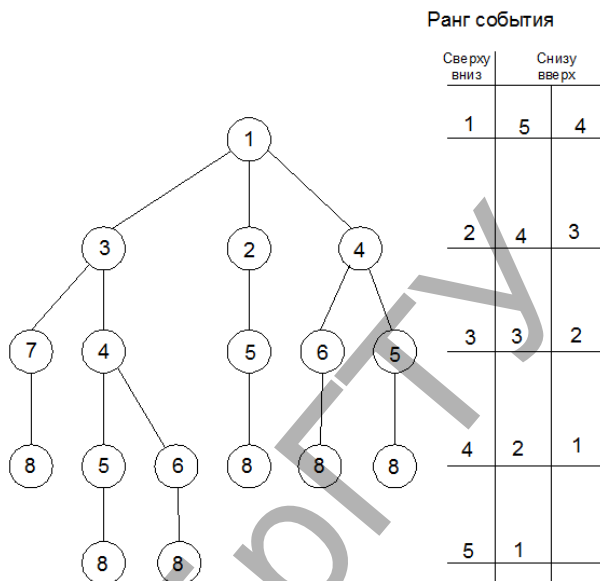


Рисунок 3 – Граф сетевой модели

Как видно из рисунка 3, одно и то же событие может иметь различные значения ранга в зависимости от нахождения в той или иной ветви дерева графа. Рассмотрим сначала вариант расчета, когда ранги событий присвоим снизу вверх, то есть завершающее событие имеет ранг, равный 1, а начальное событие имеет самый высокий ранг, соответствующий количеству уровней графа сетевой модели.

При отсутствии иного, срок свершения события №1 задаем равным 0. Продолжительность работы 1–2 равна 5 дн. Диапазон изменения ее продолжительности (t_{1-2}) находится в пределах $2,5 \div 7,5$ дн. С использованием ГСЧ выбираем значение продолжительности работы в заданном диапазоне. Получаем 5,3 дн.

Значение приоритета события K в расчетах принимаем равным 1.

Определим срок свершения события № 2. Согласно графу сетевой модели (рисунок 3), ранг события равен 3, оно находится в ветви 1–2–5–8, при этом количество уровней равно 4. Нижняя граница диапазона срока свершения события равна продолжительности работы 1–2, что составляет 5,3 дн. Верхнюю границу диапазона определяем по формуле (2): $T_e = 5,3 \cdot (1 + (4-3)/4) = 6,6$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 6,5 дн.

Продолжительность работы 1–3 равна 12 дн. Определяем диапазон ее изменения (t_{1-3}): нижний предел равен $0,5t = 0,5 \cdot 12 = 6$ дн., верхний предел равен $1,5t = 1,5 \cdot 12 = 18$ дн. С использованием ГСЧ получаем значение продолжительности работ, равное 17,8 дн.

Определим срок свершения события № 3. Согласно графу сетевой модели (рисунок 3), ранг события равен 3. При рассмотрении ветви 1–3–7–8, количество уровней равно 4, а в ветвях 1–3–4–6–8 и 1–3–4–5–8 ранг события равен 4, количество уровней – 5. Выполним расчет, учитывая оба варианта:

1. Нижняя граница диапазона срока свершения события равна продолжительности работы 1–3, что составляет 17,8 дн. Верхнюю границу диапазона определяем по формуле (2): $T_e = 17,8 \cdot (1 + (4-3)/4) = 22,3$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 19 дн.
2. Нижняя граница диапазона равна продолжительности работы 1–3, что составляет 17,8 дн. Определяем верхнюю: $T_e = 17,8 \cdot (1 + (5-4)/5) = 21,4$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 20,4 дн. Срок свершения определяем как максимальное из полученных значений.

$$T_c = \max(19; 20,4) = 20,4 \text{ дн.}$$

Продолжительность работы 1–4 равна 10 дн. Определяем диапазон ее изменения (t_{1-4}): нижний предел равен $0,5t=0,5*10=5$ дн., верхний предел равен $1,5t=1,5*10=15$ дн. С использованием ГСЧ получаем значение равное 5,7 дн.

Определим срок свершения события №4. Согласно графу сетевой модели (рисунок 3), ранг события равен 3, при рассмотрении ветвей 1–3–4–6–8 и 1–3–4–5–8, при этом количество уровней 5, а в ветвях 1–4–5–8 и 1–4–6–8 ранг 3, количество уровней – 4. Выполним расчет, по обоим вариантам:

1. Нижняя граница диапазона срока свершения события равна сроку свершения события № 3, что составляет 20,4 дн. Верхнюю границу диапазона определяем по формуле (2): $T_e=20,4*(1+(5-3)/5)=28,6$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 23,7 дн.
2. Нижняя граница диапазона срока свершения события равна продолжительности работы 1–4, что составляет 5,7 дн. Определяем верхнюю: $T_e=5,7*(1+(4-3)/4)=7,1$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 5,8 дн.

Срок свершения определяем как максимальное из полученных значений.

$$T_c = \max(23,7; 5,8) = 23,7 \text{ дн.}$$

Продолжительность работы 2–5 равна 14 дн. Определяем диапазон ее изменения (t_{2-5}): нижний предел равен $0,5t=0,5*14=7$ дн., верхний предел равен $1,5t=1,5*14=21$ дн. С использованием ГСЧ получаем значение продолжительности работ равное 7,8 дн.

Определим срок свершения события № 5. Согласно графу сетевой модели (рисунок 3), ранг события равен 2, при рассмотрении ветви 1–3–4–5–8, при этом количество уровней 5, а в ветвях 1–2–5–8 и 1–4–5–8 ранг 2, количество уровней – 4. Выполним расчет по всем вариантам:

1. Нижняя граница диапазона срока свершения события равна сроку свершения события №4, что составляет 23,7 дн. Верхнюю границу диапазона определяем по формуле (2): $T_e=23,7*(1+(5-2)/5)=37,9$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 35,3 дн.
2. Ветвь 1–2–5–8. Нижняя граница диапазона срока свершения события равна сумме продолжительности работы 2–5 и срока свершения события № 2, что составляет $7,8+6,5=14,3$ дн. Верхнюю границу диапазона определяем по формуле (2): $T_e=14,3*(1+(4-2)/4)=21,5$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 18,4 дн.
3. Ветвь 1–4–5–8. Нижняя граница диапазона определяется, как и в первом случае. Определяем верхнюю: $T_e=23,7*(1+(4-2)/4)=35,5$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 25,9 дн.

Срок свершения определяем как максимальное из полученных значений.

$$T_c = \max(35,3; 18,4; 25,9) = 35,3 \text{ дн.}$$

Продолжительность работы 4–6 равна 3 дн. Определяем диапазон ее изменения (t_{3-6}): нижний предел равен $0,5t=0,5*3=1,5$ дн., верхний предел равен $1,5t=1,5*3=4,5$ дн. С использованием ГСЧ получаем значение продолжительности работ равное 3,1 дн.

Определим срок свершения события № 6.

1. Ветвь 1–4–6–8. Ранг события 2, количество уровней – 4. Нижняя граница диапазона срока свершения события равна сумме продолжительности работы 4–6 и срока свершения события № 4, что составляет $3,1+23,7=26,8$ дн. Верхнюю границу диапазона определяем по формуле (2): $T_e=26,8*(1+(4-2)/4)=40,2$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 34,1 дн.
2. Ветвь 1–3–4–6–8. Ранг события 2, количество уровней – 5. Нижняя граница диапазона определяется, как и в первом случае. Определяем верхнюю: $T_e=26,8*(1+(5-2)/5)=42,9$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 32,6 дн.

Срок свершения определяем как максимальное из полученных значений.

$$T_c = \max(34,1; 32,6) = 34,1 \text{ дн.}$$

Продолжительность работы 3–7 равна 2 дн. Определяем диапазон ее изменения (t_{3-6}): нижний предел равен $0,5t=0,5*2=1$ дн., верхний предел равен $1,5t=1,5*2=3$ дн. С использованием ГСЧ получаем значение продолжительности работ равное 1,6 дн.

Определим срок свершения события № 7. Согласно графу сетевой модели (рисунок 3), ранг события равен 2, а количество уровней – 4. Нижняя граница диапазона срока свершения события равна сумме продолжительности работы 3–7 и срока свершения события № 3, что составляет $1,6+20,4=22$ дн. Верхнюю границу диапазона определяем по формуле (2): $T_e=22*(1+(4-2)/4)=33$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 29,4 дн.

Продолжительность работы 5–8 равна 7 дн. Определяем диапазон ее изменения (t_{3-6}): нижний предел равен $0,5t=0,5*7=3,5$ дн., верхний предел равен $1,5t=1,5*7=10,5$ дн. С использованием ГСЧ получаем значение продолжительности работ равное 9,7 дн.

Продолжительность работы 6–8 равна 10 дн. Определяем диапазон ее изменения (t_{3-6}): нижний предел равен $0,5t=0,5*10=5$ дн., верхний предел равен $1,5t=1,5*10=15$ дн. С использованием ГСЧ получаем значение продолжительности работ равное 10,9 дн.

Продолжительность работы 7–8 равна 5 дн. Определяем диапазон ее изменения (t_{3-6}): нижний предел равен $0,5t=0,5*5=2,5$ дн., верхний предел равен $1,5t=1,5*5=7,5$ дн. С использованием ГСЧ получаем значение продолжительности работ равное 4,5 дн.

Определим срок свершения события № 8.

1. Ветви 1–2–5–8 и 1–4–5–8. Ранг события 1, количество уровней – 4. Нижняя граница диапазона срока свершения события равна сумме продолжительности работы 5–8 и срока свершения события №5, что составляет $9,7+35,3=45$ дн. Верхнюю границу диапазона определяем по формуле (2): $T_e=45*(1+(4-1)/4)=78,7$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 77,8 дн.
2. Ветвь 1–4–6–8. Ранг события 1, количество уровней – 4. Нижняя граница диапазона срока свершения события равна сумме продолжительности работы 6–8 и срока свершения события №6, что составляет $10,9+34,1=45$ дн. Определяем верхнюю: $T_e=45*(1+(4-1)/4)=78,7$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 71,3 дн.
3. Ветвь 1–3–4–6–8. Ранг события 1, количество уровней – 5. Нижняя граница диапазона срока свершения события равна сумме продолжительности работы 6–8 и срока свершения события №6, что составляет $10,9+34,1=45$ дн. Определяем верхнюю: $T_e=45*(1+(5-1)/5)=81$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 64,7 дн.
4. Ветвь 1–3–7–8. Ранг события 1, количество уровней – 4. Нижняя граница диапазона срока свершения события равна сумме продолжительности работы 7–8 и срока свершения события № 7, что составляет $4,5+29,4=33,8$ дн. Определяем верхнюю: $T_e=33,8*(1+(4-1)/4)=59,2$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 38,8 дн.
5. Ветвь 1–3–4–5–8. Ранг события 1, количество уровней – 5. Нижняя граница диапазона срока свершения события равна сумме продолжительности работы 5–8 и срока свершения события № 5, что составляет $9,7+35,3=45$ дн. Верхнюю границу диапазона определяем по формуле (2): $T_e=45*(1+(4-1)/4)=78,7$ дн. С помощью ГСЧ определяем срок свершения события в заданном диапазоне и получаем 75,3 дн.

Срок свершения определяем как максимальное из полученных значений.

$$T_c = \max(77,8; 71,3; 64,7; 38,8; 75,3) = 77,8 \text{ дн.}$$

Таким образом, принимаемая по сроку свершения завершающего события, общая продолжительность выполнения работ составила 77,8 дней. Результаты расчета представлены на рисунке 4.

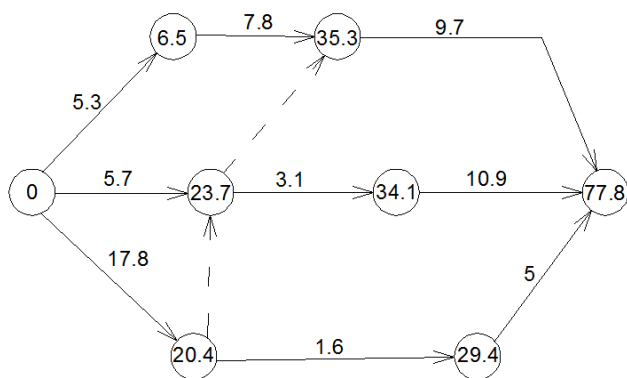


Рисунок 4 – Результаты расчета сетевого графика с учетом влияния рангов событий при присвоении рангов снизу вверх

Подобным образом выполнен расчет сетевого графика, когда самый низкий ранг, равный 1, присвоен начальному событию, а завершающему самый высокий. При этом верхняя граница диапазона свершения события определяется по формуле (1). Общая продолжительность выполнения работ составила 64,9 дня. Результаты расчета представлены на рисунке 5.

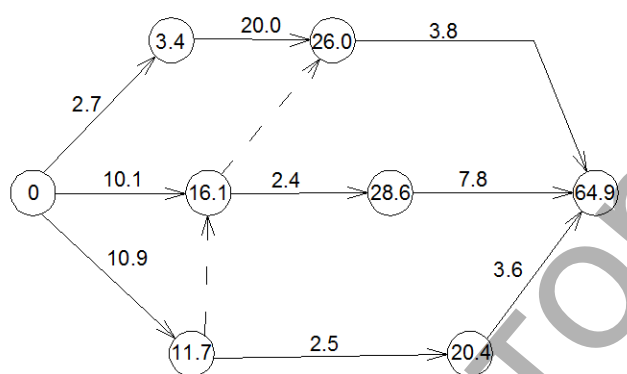


Рисунок 5 – Результаты расчета сетевого графика с учетом влияния рангов событий при присвоении рангов сверху вниз

Для оценки влияния событий на продолжительность выполнения комплекса работ, объединенных календарным планом, введем понятие «цена события» t_c , которое определим следующим образом:

$$t_c = \frac{T - \sum t_{кр}}{n},$$

где T – продолжительность выполнения работ по данному календарному плану;

$\sum t_{кр}$ – сумма продолжительностей работ критического пути;

n – количество событий на критическом пути.

Тогда доля одного события в суммарной продолжительности выполнения работ будет равна:

$$a = \frac{t_c}{T} \cdot 100\%,$$

а доля всех событий

$$A = \frac{t_c \cdot n}{T} \cdot 100\%.$$

Сопоставление значений A , определенных на стадии планирования (A_n) с фактическими ($A_{ф}$), полученными в результате выполнения комплекса работ, реализации проекта дает возможность, во-первых, оценить качество плана, во-вторых, вносить корректировки через приоритет события K во временные параметры событий.

Заключение. В результате проведенного вычислительного эксперимента установлено, что использование рангов событий позволяет учитывать обстоятельства непрогнозируемого характера в календарном планировании в любом случае, даже когда продолжительность операций (работ) не выходит за пределы планируемых (или даже строго соответствует заданному значению), а общая продолжительность комплекса операций (работ), как показывает опыт, отличается от заданной и, как правило, в большую сторону.

Наиболее близкий к имеющимся данным о фактической продолжительности строительства отдельных объектов (выполнения комплексов работ) дает подход, когда ранг события задается «снизу вверх», т. е. завершающее событие имеет ранг, равный 1, а начальное имеет самый высокий ранг, соответствующий максимальному количеству уровней графа данной сетевой модели.

Использование приоритета событий K позволяет учесть индивидуальные факторы (вид строительства, организационный уровень исполнителей, погодные факторы и т. п.).

В значение приоритета событий K следует вносить корректировку на основе сопоставления календарных планов и фактических продолжительностей и сроков выполнения работ по возведенным объектам, реализованным календарным планом.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Калугин, Ю.Б. Расчет календарных планов работ с вероятностными временными параметрами / Ю.Б. Калугин // Изв. Вузов. Строительство. – 2011. – № 10. – С. 51–58.
2. Кузьмич, П.М. Расчет календарных планов с вероятностными временными параметрами работы / П.М. Кузьмич, Л.П. Махнист, Н.В. Михайлова // Вестник БрГТУ. – 2013. – № 1(79): Строительство и архитектура. – С. 139–142.
3. Кузьмич, П.М. О влиянии организационного уровня исполнителей на продолжительность строительства / П.М. Кузьмич, Е.С. Милашук // Вестник БрГТУ. – 2015. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 85–89.
4. Милашук, Е.С. Календарное планирование с псевдослучайными временными параметрами работ (процессов): диссертация на соискание академической степени магистра наук / Е.С. Милашук. – М., 2016. – 89 с.

Материал поступил в редакцию 29.01.2018

KUZMICH P.M., MILASHUK K.S. About accounting for the impact of the events in calendar planning

This article discusses the calculation of time parameters of the network model with events is not equal to zero. It is proposed to establish a timeline for the completion of the event, given their rank and influence of random factors on these events.