

Лебедев В.М., канд. техн. наук, доц.,  
Беликова Г.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С УЧЕТОМ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ

lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru

Проработаны организационно-технологические модели поточного строительства и проведена комплексная инженерная подготовка строительного производства возведения монолитных железобетонных перекрытий с учетом организационно-технологической надежности.

**Ключевые слова:** организационно-технологическая надежность, технологическая нормаль, монолитные железобетонные перекрытия, сетевая циклограмма.

В качестве захватки могут быть приняты отдельное здание, часть его или секция в пределах одного этажа при строительстве многоэтажных зданий.

Для примера возьмем разработку организационно-технологической модели возведения жилого дома комплекса «Владимирский» в г. Белгороде. Пространственное членение (квантование) объекта позволяет выявить типовой этаж

– захватку (рис. 1) в девяти, десяти, одиннадцати и двенадцати этажных частях здания. Схема возведения комплекса принимается вертикально-восходящая (рис. 2).

Системокванты строительных процессов (сетевые циклограммы) составляем по конструктивам для одного типового этажа-захватки в следующей последовательности:

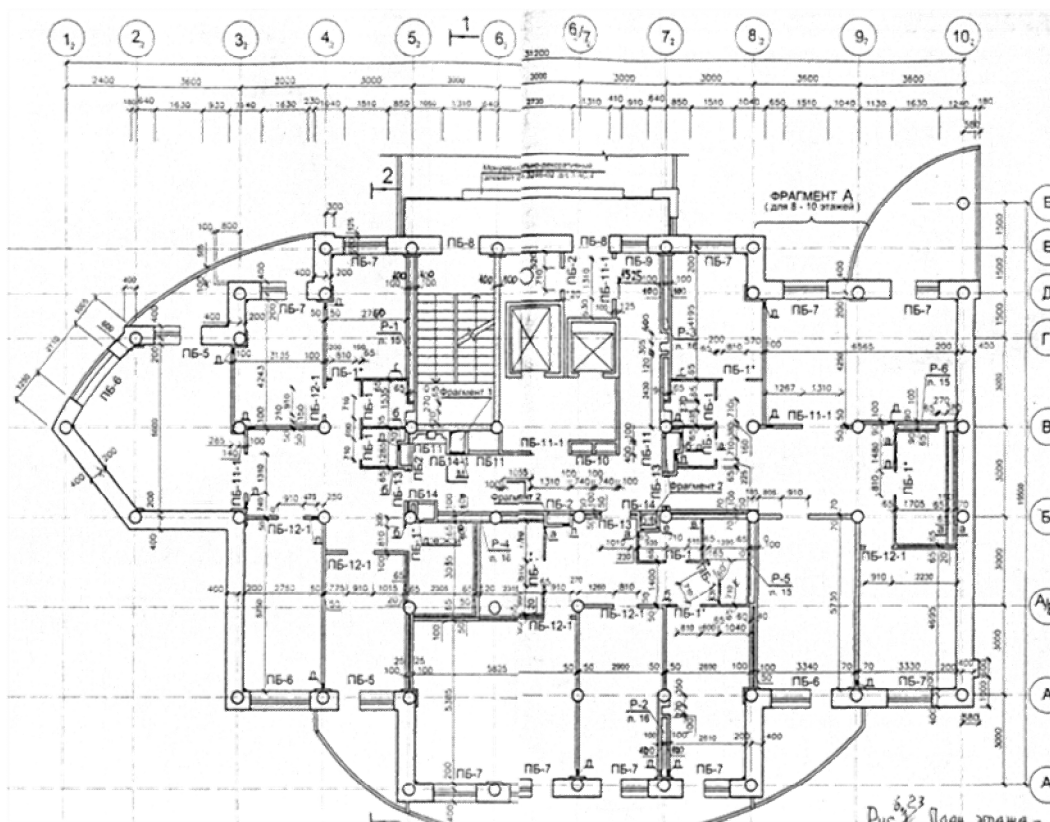


Рис. 1. План этажа захватки

- определяем объемы СМР (табл. 1)  
 - разрабатываем технологические нормали процессов возведения (табл. 2.);

- проектируем системокванты строительных процессов (сетевые циклограммы) (рис. 3).

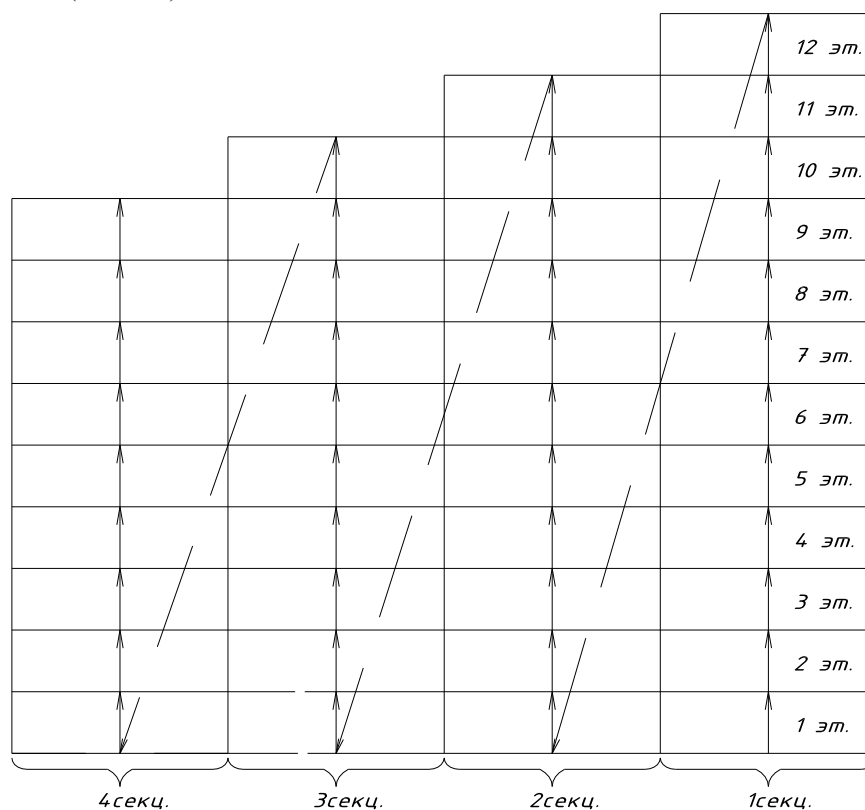


Рис. 2. Вертикально-восходящая схема возведения жилого комплекса

Таблица 1

**Ведомость подсчета объемов работ по возведению монолитного перекрытия толщиной 200 мм**

| №  | Наименование работ   | Ед. изм.           | Кол-во | Эскиз и формула расчета, примечание |
|----|--|--------------------|--------|-------------------------------------|
| 1  | Подача конструкций опалубки к месту установки башенным краном  | 1 подъем           | 6      | Башенный кран                       |
| 2  | Устройство лесов под опалубку на простых стойках высотой 3,1 м | 100 м.ст.          | 17,96  |                                     |
| 3  | Устройство сборно-щитовой опалубки                             | м <sup>2</sup>     | 490    |                                     |
| 4  | Установка стальных закладных деталей                           |                    |        |                                     |
|    | - весом до 4 кг  | 1 з.д.             | 152    |                                     |
|    | - весом до 20 кг   | 1з.д.              | 11     |                                     |
| 5  | Установка закладных деталей под электромонтаж                  | 100 шт             | 0,22   |                                     |
| 6  | Установка закладных пробок под вентиляцию                      | 100 шт             | 0,21   |                                     |
| 7  | Разборка опалубки  | м <sup>2</sup>     | 490    |                                     |
| 8  | Подача арматуры в пакетах к месту установки                    | 1 подъем           | 7      | Башенный кран                       |
| 9  | Укладка арматуры   |                    |        | 32272                               |
|    | - диаметр 8 мм   | ТН                 | 0,509  |                                     |
|    | - диаметр 10 мм  | ТН                 | 0,402  |                                     |
|    | - диаметр 12 мм  | ТН                 | 9,967  |                                     |
|    | - диаметр 16 мм  | ТН                 | 10,067 |                                     |
|    | - диаметр 20 мм  | ТН                 | 7,096  |                                     |
|    | - диаметр 25 мм  | ТН                 | 4,231  |                                     |
| 10 | Укладка бетонной смеси   | м <sup>3</sup>     | 98     | Башенным краном в бадьях            |
| 11 | Уход за бетоном  |                    |        |                                     |
|    | Поливка бетонной поверхности водой;                            | 100 м <sup>3</sup> | 4,9    |                                     |
|    | - покрытие бетонной поверхности рогожами или матами;           | 100м <sup>3</sup>  | 4,9    |                                     |
|    | - снятие покрытия с бетонных поверхностей                      | 100 м <sup>3</sup> | 4,9    |                                     |

В составе ППС для каждой повторяющейся единицы продукции (захватки) разрабатывается технологическая нормаль. Проектно-технологической организацией должны разрабатываться технологические нормы для следующих стадий возведения отдельных зданий: устройство подземной части здания; возведение надземной (при многоэтажных зданиях поэтажной) части здания, устройство кровли; отделочные работы, монтаж технологического оборудования, сантехнические и электромонтажные работы.

В технологической нормаль для каждой стадии работ приводятся все строительные процессы с указанием последовательности и способов их выполнения. Кроме того, указываются объемы работ, их трудоемкость, состав исполнителей, ведущие строительные машины, а также приводятся калькуляции, на основании которых определены трудовые затраты [1–7].

В каждой нормаль должна отражаться продолжительность отдельных процессов на одной захватке, ритмично повторяющаяся на всех захватках (ритм потока).

Технологические нормы, разрабатываемые проектно-технологическими организациями, в дальнейшем должны служить исходными материалами для разработки ППС объектов, комплексов и годовых программ строительных организаций. На основании технологических нормалей, определяющих основные производственные параметры процессов (объемы, трудоемкость и продолжительность работ), для отдельных захваток, частей зданий, объектов, а затем для каждого потока комплекса разрабатываются сетевые циклограммы и (или) системокванты. Они показывают развитие строительных потоков во времени и в пространстве. Сетевые циклограммы и (или) системокванты строятся по принципам, обеспечивающим ритмичный ход всех производственных процессов строительства объектов и наиболее оправданное совмещение во времени стадий производства работ, а также технологических процессов по каждой стадии [8–13].

На сетевой циклограмме и (или) системоквантах возведения объекта показывают последовательность и продолжительность выполнения процессов на всех захватках, а также необходимые разрывы во времени между процессами той или иной стадии производства работ. По горизонтали на сетевой циклограмме и (или) системоквантах строительных процессов и объектов указывают время (дни, месяцы) возведения объекта, по вертикали – захватки (секции, ярусы, участки) и стадии производства работ.

Технологические нормы, сетевые циклограммы и (или) системокванты возведения отдельных объектов являются основными исходными материалами в проектировании поточного строительства комплексов и годовых программ СМО, так как в них закладываются основные мероприятия, обеспечивающие поточную организацию строительного производства: расчленение производственного процесса на составляющие его элементы и операции, разделение труда между исполнителями, создание производственного ритма и совмещение во времени выполнения составляющих процессов и операций. [7–13].

Согласно проведенных организационно-технологических расчетов по определению объемов работ, подлежащих выполнению (табл.1), трудовых и машинных затрат исполнителей проектируем технологическую нормаль производства работ по возведению железобетонного перекрытия (табл. 3) [1–8].

Надежность организационно-технологическая (ОН) — способность организационных, технологических, управленческих экономических решений обеспечивать достижение заданного результата строительного производства [1, 2, 4,].

Надежность строительного процесса — свойство сохранять работоспособность на протяжении заданного периода. Количественные характеристики надежности строительного процесса определяются надежностью совместного функционирования составляющих элементов: технических средств (ТС), трудовых ресурсов (ТР), материальных элементов (МЭ). [1-7].

Надежность элемента строительного процесса по критерию времени характеризуется коэффициентом готовности (Кг.э.), определяемым отношением времени безотказной работы элемента ко времени выполнения процесса по формуле:

$$K_{г.э.} = T_0 / (T_0 + T_B); \quad (1)$$

где  $T_0$  – время наработки на отказ,  $T_B$  – время восстановления.

Соединение элементов строительного процесса в смысле надежности принимается последовательным, т.е. отсутствие или сбой одного из элементов приводят к остановке или сбоем в выполнении процесса (рис.1). В производственных системах, состоящих из последовательно соединенных  $n$  элементов надежность  $R_{\text{посл}}$  выражаются формулой:

$$R_{\text{посл}} = R_1 R_2 R_3 \dots R_n = \prod_{i=1}^n R_i, \quad (2)$$

где  $R_i$  – надежность  $i$ -го элемента производственной системы.

Таблица 2

Технологическая норма производства работ по возведению монолитного железобетонного перекрытия

| № п/п  | Наименование процессов              | Объем работ    |        | Трудоёмкость чел. час     | Исполнители           |             | Продолжительность смен (вахт) | ДНИ   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|-------------------------------------|----------------|--------|---------------------------|-----------------------|-------------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |                                     | Ед. изм.       | Кол-во |                           | Машиноёмкость маш-час | Проф. Марка |                               | Кол-во в смену                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |                                     |                |        | Смены (вахты по 11 часов) |                       |             |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |                                     | 1              | 2      | 1                         | 2                     | 1           |                               | 2   | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>Основные процессы</i>   |                                     |                |        |                           |                       |             |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1  | Устройство лесов под опалубкой      | 100 м ст.      | 17,96  | 296                       | Плотн.                | 12          | 3,43                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2  | Устройство сборной щитовой опалубки | м <sup>2</sup> | 490    | 157                       |                       |             |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3  | Укладка арматуры                    | т              | 32,272 | 547                       | Армат.                | 10          | 4,95                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4  | Укладка бетонной смеси              | м <sup>3</sup> | 98     | 89                        | Бетонщ.               | 4           | 2                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5  | Разборка опалубки                   | м <sup>2</sup> | 490    | 59                        | Плотн.                | 6           | 1                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>Дополнительные процессы</i>                                     |                                     |                |        |                           |                       |             |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 Установка закладных деталей:                                     |                                     |                |        |                           |                       |             |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| - стальных   |                                     |                |        |                           |                       |             |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| - под электромонтаж  |                                     |                |        |                           |                       |             |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| - под вентиляцию   |                                     |                |        |                           |                       |             |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7  | Уход за бетоном                     | м <sup>2</sup> | 490    | 2                         | Бетонщ.               | 2           | 0,1                           | Технологический перерыв на твердение бетона |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>Вспомогательные процессы</i>                                    |                                     |                |        |                           |                       |             |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8  | Подача конструкций опалубки         | 1 п            | 6      | 1                         | Такелаж.              | 2           | 0,05                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 Подача арматуры  |                                     |                |        |                           |                       |             |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 Погрузочно-разгрузочные, прочие заготовительно-складские работы |                                     |                |        |                           |                       |             |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

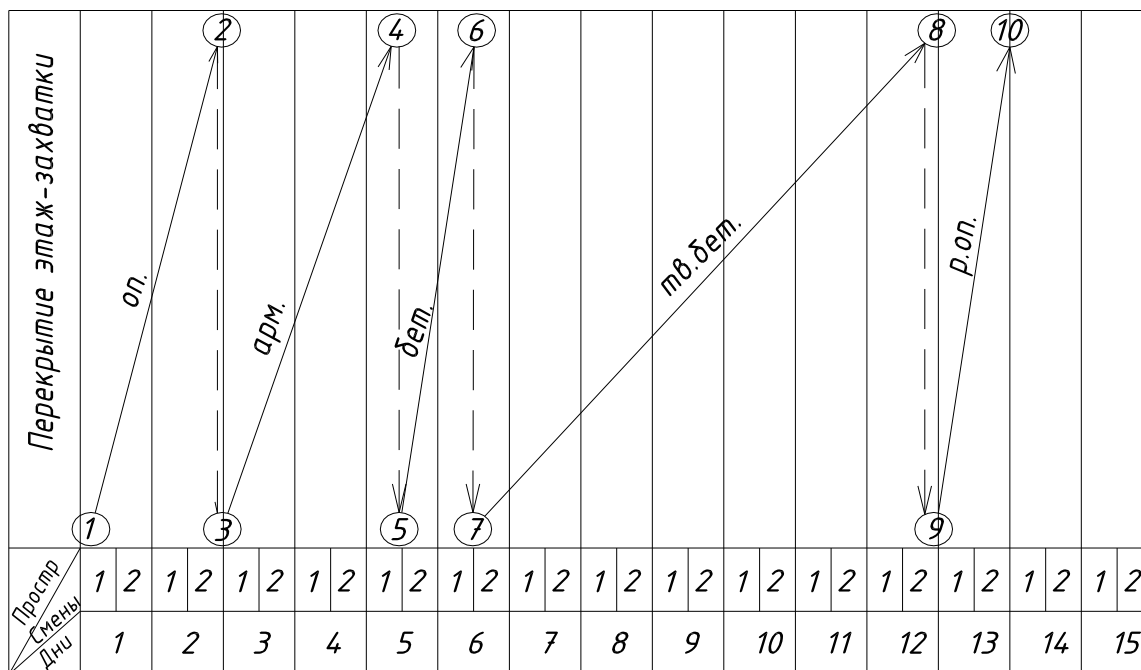


Рис. 3. Сетевая циклограмма-системокванты возведения на этаж-захватке монолитного железобетонного перекрытия: 1-2 (оп.) – устройство опалубки; 3-4 (арм.) – укладка арматуры; 5-6 (бет.) – укладка бетонной смеси; 7-8 (тв.бет.) – твердение бетона; 9-10 (р.оп.) – разборка опалубки; 2-3,4-5,6-7,8-9 – организационно-технологические зависимости

Таблица 3

**Расчет надежности технологических процессов этаж захватки возведения монолитного железобетонного перекрытия**

| Код процесса    | Наименование процессов                     | Коэффициенты готовности Кг |                    |                   |                      | Процессов ПР |
|-----------------|--|----------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|--------------|
|                 |  | Фронт работ ФР             | Технич. средств ТС | Матер эле-мен. МЭ | Трудовые ресурсы. ТР |              |
| 1-2             | Устройство опалубки                        | 1                          | 0,95               | 0,97              | 0,9                  | 0,83         |
| 3-5             | Укладка арматуры                           | 0,83                       | 0,95               | 0,97              | 0,9                  | 0,69         |
| 4-6             | Укладка бетонной смеси                     | 0,69                       | 0,95               | 0,97              | 0,9                  | 0,57         |
| 7-10            | Твердение бетона                           | 0,57                       | 0,95               | 0,97              | 0,9                  | 0,47         |
| 8-9             | Разборка опалубки                          | 0,47                       | 0,95               | 0,97              | 0,9                  | 0,39         |
| 2-3,4-5,6-7,8-9 | Организационно-технологические зависимости |                            |                    |                   |                      |              |
| Итого           |  |                            | $(0,95)^5$         | $(0,97)^5$        | $(0,9)^5$            |              |

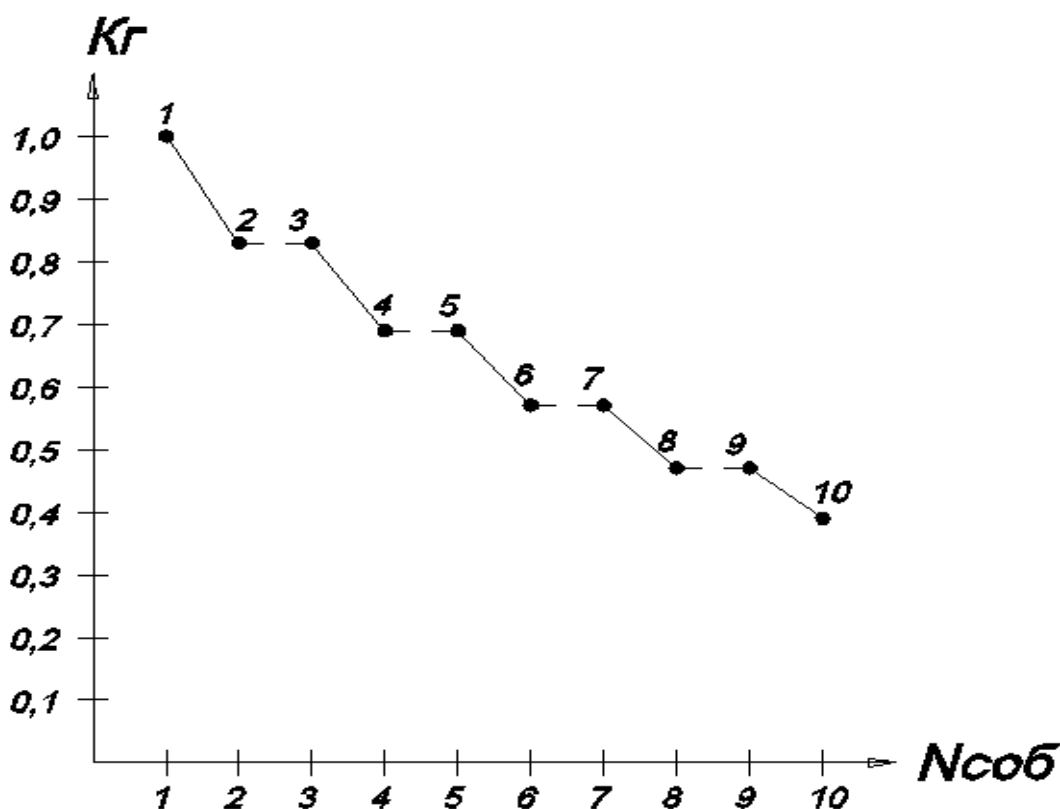


Рис. 4. График изменения надежности процессов возведения монолитного железобетонного перекрытия

Эта формула называется часто законом произведения надежности [1, 2, 4,].

Надежность строительного процесса характеризуется коэффициентом готовности (Кг.пр.) определяемым по формуле:

$$K_{г.пр.} = K_{г. фр} * K_{г. т. с} * K_{г. м. э.} * K_{г. т. р.} \tag{3}$$

где (Кг фр), (Кг.т.с), (Кг.м.э.), (Кг.т.р) – соответственно коэффициенты готовности фронта работ, технических средств, материальных элементов, трудовых ресурсов.

Определяем надежность простых технологических процессов

В результате расчетов (табл.1) получаем надежность простых строительных процессов по критерию времени (коэффициент готовности простого процесса и события: Кг.соб.2 = 0.83, Кг.соб.4 = 0.69, Кг.соб.6 = 0.57, Кг.соб.8 = 0.47, Кг.соб.10 = 0.39)

Проведенные расчеты показывают, что усложнение (детализация) систем строительного производства приводит к увеличению количества последовательно связанных элементов, что по основному закону теории надежности снижает надежность всей системы пропорционально геометрической прогрессии числа элементов [8–13].

Практика показывает, что фактически надежность строительных систем выше приведенных показателей по расчетам и чем более детально и подробно проработаны организационно-технологические модели поточного строительства и проведена комплексная инженерная подготовка строительного производства, тем выше надежность [8–13].

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусаков А.А. Организационно-технологическая надёжность строительного производства (в условиях автоматизированных систем проектирования). М. Стройиздат, 1974, 252с.
2. Гусаков А.А., Гинзбург А.В. и др. Организационно-технологическая надёжность строительства. М.: SVR-Аргус, 1994. 472с.
3. Системотехника строительства. Энциклопедический словарь./ Под ред. А.А. Гусакова.- М.: изд-во АСВ, 2004.320с.
4. Седых Ю.И., Лазебник В.М. Организационно-технологическая надёжность жилищно-гражданского строительства. М.: Стройиздат, 1989. 399с.
5. Лебедев В.М. Системотехника управления проектами строительства. Saarbrücken, Deutschland LAP LAMBERT Academic Publishing, Германия, 2016. 263 с.
6. Лубенец Г.К. Подготовка производства и оперативное управление строительством. Киев. Будівельник, 1976, 732с.
7. Лебедев В.М. Основы системотехники строительного производства. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010, 272с.
8. Лебедев В.М. Моделирование системоквантов строительного производства: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 244 с.
9. Лебедев В.М. Технология и организация строительства городских зданий и сооружений: Учебное пособие под грифом УМО. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015.200 с.
10. Лебедев В.М. Поточные методы строительства крупных опускных сооружений. LAP LAMBERT, Saarbrücken, Германия, 2016. 171 с
11. Лебедев В.М. Системотехника управления проектами строительства. LAP LAMBERT Academic. Германия, 2016. 263 с
12. Лебедев В.М. Системотехника поточных методов строительства. LAP LAMBERT, Saarbrücken, Германия, 2016. 240 с.
13. Лебедев В.М., Беликова Г.В. Определение организационно-технологической надежности строительного производства с использованием системоквантов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. №11. 2016. С. 84–87

**Lebedev V.M., Belikova G.V.**

### MODELING CONSTRUCTION OF MONOLITHIC CONCRETE FLOORS TAKING INTO ACCOUNT ORGANIZATIONAL - TECHNOLOGICAL RELIABILITY

*Work out the organizational and technological models and carried out in-line construction complex engineering preparation of construction production construction of monolithic concrete floors, taking into account the organizational and technological reliability*

**Key words:** *organizational and technological reliability, technological normal, monolithic concrete, grid patterns.*

**Лебедев Владимир Михайлович**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru

**Беликова Галина Владимировна**, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: galynik1991@yandex.ru