

# Планирование рациональной последовательности комплекса строительных работ с учетом ресурсных ограничений

УДК 69.07

**Кустикова Юлия Олеговна**

Доцент, к.т.н. доцент кафедры «Жилищно-коммунальный комплекс», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва);  
e-mail: KustukovaYO@mgsu.ru

**Король Светлана Юрьевна**

Магистрант 1 курса ИИЭСМ кафедры «Жилищно-коммунальный комплекс», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва);

**Панкова Елена Валерьевна**

Аспирант 1 курса ИИЭСМ кафедры «Жилищно-коммунальный комплекс», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва);

**Аннотация:** Продолжительность выполнения отдельного строительного процесса зависит от многих факторов: количества рабочих, машин и механизмов, состояния погоды и других. Количественные характеристики некоторых из них могут быть установлены и приняты из числа возможных. Такие факторы называются ресурсами типа мощностей (возобновляемыми).

Потребность в возобновляемых ресурсах в определенный момент времени характеризуется интенсивностью их потребления и выражается количеством используемых одновременно единиц ресурса (рабочих, машин и механизмов и другое).

Интенсивность потребления ресурсов является основным организационно-технологическим параметром возведения зданий, определяющим развитие строительных процессов во времени и продолжительность строительства объекта в целом.

**Ключевые слова:** строительный процесс, продолжительность, строительная организация, объем работ, рабочая зона

## Введение

Запланированный объем работ строительной организации (производственная программа) считается удовлетворительным, если он отвечает следующим условиям:

а) потребность в рабочих, оснащенных средствами механизации, для выполнения ведущего процесса в течение планируемого года в каждый момент времени остается постоянной и соответствует имеющимся в строительной организации для этой цели трудовым ресурсам;

б) потребность в рабочих для любых других (неведущих) процессов не превышает заданной величины;

## PLANNING OF A RATIONAL SEQUENCE OF A COMPLEX OF CONSTRUCTION WORKS TAKING INTO ACCOUNT RESOURCE CONSTRAINTS

**Kustikova Yulia Olegovna**

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Housing and Communal Complex, National Research Moscow State University of Civil Engineering (Moscow);  
e-mail: KustukovaYO@mgsu.ru

**Korol Svetlana Yurievna**

1st year Master's student of the IIESM Department of Housing and Communal Complex, National Research Moscow State University of Civil Engineering (Moscow);

**Pankova Elena Valeryevna**

1st year Graduate student of the IIESM Department of Housing and Communal Complex, National Research Moscow State University of Civil Engineering (Moscow);

**Abstract:** The duration of a separate construction process depends on many factors: the number of workers, machines and mechanisms, weather conditions and others. Quantitative characteristics of some of them can be established and accepted from among the possible ones. Such factors are called capacity-type resources (renewable).

The need for renewable resources at a certain point in time is characterized by the intensity of their consumption and is expressed by the number of resource units used simultaneously (workers, machines and mechanisms, etc.).

The intensity of resource consumption is the main organizational and technological parameter of the construction of buildings, which determines the development of construction processes over time and the duration of the construction of the object as a whole.

**Keywords:** construction process, duration, construction organization, scope of work, working area

в) сроки ввода в действие объектов не превышают директивных сроков.

## Материалы и методы

Рекомендуется следующий порядок организационно-технологических расчетов при формировании запланированного объема работ строительной организации.

Пусть в проекте запланированного объема работ имеется  $N_i$  объектов (зданий) (где  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) и процессов (основных видов работ, специализированных потоков)  $M_j$ ; (где  $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ), выполняемых собственными силами строительной организации или силами специализированных подрядных организаций, производственные мощности которых полностью используются для выполнения работ в данной генеральной подрядной организации. При этом учитываются сложные процессы, продолжительность которых входит слагаемым в общую продолжительность строительства каждого из объектов.

По каждому из объектов проектом запланированного плана работ определены директивные сроки ввода их в действие  $t_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}}^i$ . Предполагается, что планируемые (директивные) сроки ввода объектов в действие определены как по отдельным объектам, так и по объектам входящим в состав комплексов (предприятий). Причем при определении  $t_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}}^i$  для последних учтены условия и требования по их организационной и технологической увязке внутри комплекса [5, 3].

Тогда условие а) запишется следующим образом:

$$\varphi_{\hat{a}}(t) = f_{\hat{a}}(t) = const, \quad (1)$$

$\varphi_{\hat{a}}(t)$  - функция, выражающая потребность в трудовых ресурсах на выполнение ведущего процесса, имеющего наибольший удельный вес, как по объему (трудоемкости) работ, так и по продолжительности его выполнения;

$f_{\hat{a}}(t)$  - функция, выражающая (заданное) наличие трудовых ресурсов на выполнение ведущего процесса.

Условие б) запишется:

$$[f_i(t) - \varphi_i(t)] \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $f_i(t)$  - функция, выражающая наличие трудовых ресурсов для любого другого вида работ;  $\varphi_i(t)$  - функция, выражающая потребность трудовых ресурсов для выполнения любого другого вида работ.

Условие в) запишется:

$$t^i \leq t_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}}^i$$

где  $t^i$  - срок окончания строительства объекта по модели плана;

$t_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}}^i$  - директивный срок окончания строительства.

Значения функций (1), (2) определяются следующим образом.

Производственная мощность строительной организации в плановом периоде, как правило, постоянна и в основном определяется трудовыми ресурсами (численностью рабочих основных профессий), оснащенными средствами механизации и выполняющими определенные виды работ, т. е.

$$f_{\hat{a}}(t) = R_{\hat{a}}^c = const; \quad (3)$$

$$f_i(t) = R_i^c = const, \quad (4)$$

$R_{\hat{a}}^c, R_i^c$  - общее наличие трудовых ресурсов (число рабочих) соответствующей специальности в тресте.

Из условий функции (1) и заданного плана работ принимаем, что

$$\varphi_{\hat{a}}(t) = \frac{1}{T_i} \sum_{i=1}^n Q_{\hat{a}}^i = R_{\hat{a}} = const, \quad (5)$$

где  $Q_{\hat{a}}^i$  - общий годовой фонд рабочего времени в планируемом периоде (дни, недели, месяцы и т. д.);  $Q_{\hat{a}}^i$  - запланированный объем работ по ведущему процессу на объекте, выраженный через трудоемкость;  $R_{\hat{a}}$  - число единиц трудового ресурса (рабочих звеньев), необходимых для выполнения данной работы суммарно для всех объектов или интенсивность потребления трудовых ресурсов.

При определении  $\varphi_i(t)$  исходим из следующих условий:

- плановый период делится на элементарные промежутки времени (месяц, неделя, день, смена), на протяжении которых все интенсивности потребления ресурсов  $r_i^i$  отдельными работами на каждом из объектов, считаются постоянными;
- продолжительность каждой работы  $T_i^i$  принимается кратной элементарным промежуткам (дням, сменам), т. е. выражается целым числом. В этом случае  $\varphi_i(t) = R_i(t)$  и график потребности в ресурсах (интенсивности) по любому виду работ, кроме ведущего  $i = \hat{a}$ ,

относится к числу кусочно-постоянных (ступенчатых) функций, или иначе, изменение необходимой интенсивности потребления ресурсов происходит в моменты, совпадающие с концами элементарных временных промежутков [6, 8, 10].

Таким образом, условия (1), (2), (3) окончательно будут иметь вид целевой функции

$$[R_i^c - R_i(t)] \rightarrow \min \quad (6)$$

при ограничениях:

$$\left. \begin{aligned} R_a^{\bar{n}} &= R_a \\ t_i &\leq t_{a\bar{e}\bar{o}}^i \end{aligned} \right\}$$

В том случае, когда эти условия удовлетворяются, проектируемый план может быть принят.

Если эти условия не удовлетворяются, возможны следующие случаи:

$$a) R_a < R_a^c; R_i^c - R_i(t) < \Delta R ;$$

$t_i \leq t_{a\bar{e}\bar{o}}^i$ , где  $\Delta R$  – заданная величина, ставится вопрос о включении в план подрядных работ дополнительных объектов (объемов работ);

$$б) R_a = R_a^c; R_i^c - R_i(t) > \Delta R; t_i \leq t_{a\bar{e}\bar{o}}^i ;$$

$$в) R_a > R_a^{\bar{n}} :$$

$$R_i^c - R_i(t) > \Delta R; t_i \leq t_{a\bar{e}\bar{o}}^i .$$

В этих случаях решается вопрос об исключении из плана или отнесении на следующий за плановым периодом срок некоторых объектов или работ, а также пересмотре сроков ввода в действие тех объектов, для которых  $t^i > t_{a\bar{e}\bar{o}}^i$ . На этой основе разрабатываются предложения по окончательному формированию плана подрядных работ.

Решение задачи по отысканию удовлетворительного проекта плана работ с учетом условий (целей и ограничений) практически сводится к построению исходной и впоследствии оптимизированной организационно-технологической модели запланированного объема работ. Такие модели разрабатываются на основе сетевых, циклограммных или линейных моделей на отдельные объекты. При этом основное внимание уделяется взаимной увязке строительного-монтажных работ (специализированных потоков).

Увязка работ производится в части организационной и технологической последовательности, совмещения, направления развития, методов организации строительных процессов, продолжительности и сроков их выполнения. Варианты последовательности процессов определяются возможными перестановками в порядке их выполнения и связаны с составом и размещением видов конструкций в здании, а также технологической связью конструктивных элементов между собой.

Во всех случаях при выборе последовательности выполнения процессов по возведению объектов необходимо стремиться к обеспечению удобных условий для непрерывной работы отдельных бригад, открытию широкого фронта для общестроительных работ и работ по монтажу технологического оборудования, максимального совмещения их выполнения [1, 9].

Взаимоувязка смежных процессов представляет собой согласованное их выполнение во времени разными исполнителями (звеньями, бригадами).

Строительно-монтажные процессы могут выполняться параллельно (независимо друг от друга), последовательно и совмещенно. Совмещенный метод организации строительных процессов в практике строительства получил широкое развитие. Параллельное и последовательное выполнение процессов правильнее рассматривать как крайние формы совмещенного (поточного выполнения). Действительно, если постепенно уменьшить период  $T_i - \tau_{i,(i+1)}$ , в течение которого смежные процессы выполняются одновременно, т. е. увеличивать организационный перерыв  $\tau_{i,(i+1)}$ , в конечном итоге получится чистая последовательность. Если же этот период постепенно увеличивать (т.е. уменьшать организационный перерыв), получится параллельное выполнение процессов.

Последовательное выполнение двух смежных процессов, когда начало последующей работы возможно после полного окончания предшествующей, имеет место в особых случаях. Такой метод увязки процессов, как правило, диктуется конструкцией здания, отсутствием достаточного фронта работ или выполнением предыдущей и последующей работы одними и теми же исполнителями.

Уравнение связи двух смежных процессов, выполняемых последовательно, можно записать следующим образом:

$$t_{i+1}^i = t_i^i + T_i, \text{ или } \tau_{i,(i+1)} = T_i \quad (7)$$

где  $\tau_{i,(i+1)}$  - соответственно моменты времени начала  $i$ -го и  $(i+1)$ -го процессов;  $T_i$  - продолжительность  $i$ -го процесса;

$\tau_{i,(i+1)}$  - величина организационного перерыва между началами  $i$ -го и  $(i+1)$ -го процессов.

Взаимовязка смежных процессов при совмещенном их выполнении производится двумя различными методами в зависимости от характера образования рабочих зон (фронта работ).

Вязка процессов первым методом осуществляется в том случае, когда рабочая зона каждого последующего процесса непосредственно образуется продукцией предшествующего, а фронтом работ является законченный конструктивный элемент или его часть. Иначе говоря, между конструкциями в этом случае существует непосредственная технологическая связь, а образование рабочих зон (фронта работ) связано с условиями последовательного возникновения отдельных конструкций или их частей.

Основное условие вязки процессов первым методом состоит в том, что размеры захваток могут приниматься в широких пределах, от размеров рабочей зоны на единицу (звено) исполнителей до размеров полного фронта работ по процессу, т. е. по всему объекту.

Вязка процессов вторым методом производится в том случае, когда рабочая зона процесса образуется в результате выполнения одного или нескольких предшествующих процессов, продукция которых не является непосредственным фронтом работ. Рабочая зона (фронт работ) образуется в этом случае определенным строительным объемом и связана с условиями последовательного возникновения частей или всего здания. Условие вязки процессов вторым методом состоит в том, что размеры рабочих зон ограничиваются требованиями по готовности определенных частей (участков) здания в зависимости от принятых организационных решений по производству работ, например, выполнение отделочных работ, монтаж технологического оборудования с пуском системы отопления по частям здания (сооружения) и т. п.

Под рабочей зоной (фронтом работ) во всех случаях понимается участок здания, определяющий пространственные, временные и технологические возможности для размещения и производительной работы в течение установленного промежутка времени принятого числа исполнителей [2, 7].

## Результаты исследования

Рассмотрим условия вязки первым методом двух организационно-связанных (смежных) строительных процессов.

Пусть имеется два смежных нерасчлененных (простых) процесса (частных потока) с номерами  $i$  и  $(i+1)$ , выполняемых совмещенно. Обозначим через  $Q_i$ ;  $Q_{i+1}$  (потребную трудоемкость или объемы работ по каждому из них, через  $r_i$ ;  $r_{i+1}$  соответственно число исполнителей (интенсивность потребления трудовых или машинных ресурсов) на выполнение каждого процесса.

Требуется найти величину организационного перерыва между началами каждого из процессов (или время, в течение которого по  $i$ -му процессу образуется фронт работ для  $(i+1)$ -го процесса), обозначаемую через  $\tau_{i,(i+1)}$ , после которого процесс  $i+1$  мог бы выполняться при заданном числе исполнителей  $r_i$  и  $r_{i+1}$  и заданной трудоемкости выполнения каждого из процессов  $Q_i$  и  $Q_{i+1}$  непрерывно, с необходимым и достаточным фронтом работ в каждый момент времени.

Введем величину  $q'_{i,(i+1)}$ , характеризующую фронт работ (размер деланки), выраженный через трудоемкость (или объем работ)  $i$ -го процесса и потребный для одного исполнителя (звена, бригады, машины)  $(i+1)$ -го процесса. Назовем эту величину организационно-технологическим модулем.

Например,  $q'_{i,(i+1)} = 10 \text{ чел.}^1 = \text{дн.} / \text{чел}^2$  означает, что для того чтобы обеспечить фронт работ для одного рабочего (или звена) 2-й профессии (выполняющего второй процесс), по первому процессу необходимо выполнить объем работ с трудоемкостью 10 чел.-дн., что составляет, например, 10 м отрытой траншеи и т.д.

<sup>1</sup>  $r_i$  - число исполнителей по  $i$ -му процессу из общего принятого их числа, которое занято подготовкой фронта работ для всех принятых исполнителей  $(i+1)$ -го процесса.

<sup>2</sup> В связи с тем, что рабочая зона и фронт работ для исполнителей  $(i+1)$ -го процесса (потока) образуется законченной продукцией организационно-связанного с ним (смежного)  $i$ -го процесса (потока), под размером «фронта», определяющим величину организационно-технического модуля, будем понимать объем работ по производству законченной продукции  $i$ -м процессом, заключенной в рабочей зоне, необходимой и достаточной для размещения в ней материалов, оборудования, приспособлений и беспрепят-

ственности трудовых движений рабочих одного звена (i+1)-го процесса. Фронт работ в такой рабочей зоне должен быть не менее чем на одну смену.

Тогда за время  $\tau_{i,(i+1)}$  по i-му процессу будет выполнен объем работ с трудоемкостью  $r_i \tau_{i,(i+1)}$ , а по (i+1)-му процессу - 0. За время  $\Delta t$  по i-му процессу будет выполнен объем работ с трудоемкостью  $r_i \Delta t$ , а по (i+1)-му процессу  $r_{i+1} \Delta t$ . Через время  $\Delta t$ , таким образом, фронт работ по i-му процессу, выраженный через трудоемкость i-го процесса для (i+1)-го процесса, будет равен

$$r_i \tau_{i,(i+1)} + r_i \Delta t - r_{i+1} \Delta t \frac{Q_i}{Q_{i+1}}, \quad (8)$$

где  $r_{i+1} \Delta t \frac{Q_i}{Q_{i+1}}$  – величина, выраженная через

трудоемкость i-го процесса,

$r_i \tau_{i,(i+1)}$  – на которую за время  $\Delta t$  фронт работ по i-му процессу

$r_i \Delta t$  – уменьшился за счет того, что (i+1)-й процесс начал выполняться.

Таким образом, для всех  $\Delta t$  при  $0 \leq \Delta t \leq T_i - \tau_{i,(i+1)}$  должно быть выполнено неравенство

$$r_i \tau_{i,(i+1)} + r_i \Delta t - r_{i+1} \Delta t \frac{Q_i}{Q_{i+1}} \geq q_{i,(i+1)} r_{i+1} \quad (9)$$

Преобразуя это неравенство, получим

$$r_i \tau_{i,(i+1)} \geq q_{i,(i+1)} \frac{r_{i+1}}{r_i} - \Delta t \left( 1 - \frac{r_{i+1} Q_i}{r_i Q_{i+1}} \right) \quad (10)$$

Исследуя его, получим.

если  $\left( 1 - \frac{r_{i+1} Q_i}{r_i Q_{i+1}} \right) > 0$

или, что то же самое,  $\frac{Q_{i+1}}{r_{i+1}} > \frac{Q_i}{r_i}$

неравенство (10) будет выполняться при условии

$$\tau_{i,(i+1)} = \frac{q'_{i,(i+1)} r_{i+1}}{r_i}$$

т.е. при  $\Delta t = 0$

если  $\left( 1 - \frac{r_{i+1} Q_i}{r_i Q_{i+1}} \right) < 0$ , то есть  $\frac{Q_{i+1}}{r_{i+1}} < \frac{Q_i}{r_i}$

неравенство (10) начинает выполняться при условии

$$\tau_{i,(i+1)} = \frac{q_{i,(i+1)} Q_{i+1}}{Q_i} + \frac{Q_i}{r_i} - \frac{Q_{i+1}}{r_{i+1}}$$

т.е. при  $\Delta t = T_i - \tau_{i,(i+1)}$ .

Так как  $\frac{Q_i}{r_i} = T_i$   $\frac{Q_{i+1}}{r_{i+1}} = T_{i+1}$  условие увязки двух

процессов для случая, когда фронт работ не простаивает, можно записать уравнениями связи, которые определяют величину минимального организационного перерыва (готовность между двумя смежными процессами:

$$\tau_{i,(i+1)} = \frac{q'_{i,(i+1)} r_{i+1}}{r_i}, \text{ когда } T_i < T_{i+1}, \quad (11)$$

$$\tau_{i,(i+1)} = \frac{q'_{i,(i+1)} Q_{i+1}}{Q_i} + T_i - T_{i+1}, \text{ когда } T_i > T_{i+1} \quad (12)$$

Условие увязки процессов вторым методом записывается следующим уравнением связи

$$\tau_{i,(i+1)} = \max \left( \sum_{v=1}^n \frac{Q_i^v}{r_i} - \sum_{v=1}^{n-1} \frac{Q_{i+1}^v}{r_{i+1}} \right) = \max \left( \sum_{v=1}^n T_i^v - \sum_{v=1}^{n-1} T_{i+1}^v \right)$$

при всех  $1 \leq n \leq l$ .

$$(13)$$

где  $l$  – количество участков  $Z, = 1, 2, 3, \dots, l$ .

При этом условии (i+1)-й процесс может выполняться непрерывно на фронте i-го процесса, а простой участков будет минимально возможным.

В этом случае параметры (продолжительность, трудоемкость, интенсивность потребления ресурсов) связаны следующими соотношениями:

$$T_i = \sum_{v=1}^l T_i^v \quad (14)$$

$$Q_i = \sum_{v=1}^l Q_i^v \quad (15)$$

$$T_i^v = \frac{Q_i^v}{r_i} \quad (16)$$

## Заключение

Основным правилом при выборе последовательности выполнения ремонтно-строительных процессов является обеспечение достаточного фронта и объема работ для непрерывной работы всех специализированных бригад, а также максимального совмещения отдельных видов работ с целью сокращения общей продолжительности.

Взаимувязка работ в части организационной и технологической последовательности при формировании плана выполнения комплекса строительно-монтажных работ подрядной организацией основаны на принципах обеспечения удобных условий для непрерывной работы отдельных звеньев или бригад, максимального совмещения выполнения работ для сокращения сроков их проведения.

## Литература

1. Korol E.A., Petrosyan R.S. Methodological approaches to the formation of the organizational and technological mechanism for improving the manufacturability of work during the overhaul of buildings. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference “FarEastCon 2019”. 2020. С. 032057.
2. Vatin N., Gorshkov A., Nemova D., Tarasova D. Energy efficiency of facades at major repairs of buildings. 633–6342014. 991–996 p. ISBN:9783038352563.
3. Король, Е.А., Гайдышева, Ю.В. Сравнительный анализ производства демонтажных работ // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2020. № 3 (1027). С. 24–26.
4. Korol E.A., Mostovoy D., Pleshivcev A. Technological parameter optimization of multilayer enclosure structures with the multiple-criteria decision analysis // In the collection: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 03031.
5. Король, Е.А., Журавлева, А.А. Алгоритм выбора рациональных организационно технологических решений при строительстве малоэтажных жилых зданий // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 7 (1007). С. 51–53.
6. Король, Е.А., Плешивцев, А.А. Исследования технологических операций методом хронометража при возведении трансформируемых малоэтажных зданий // Научное обозрение. 2017. № 9. С. 10–15.
7. Петросян, Р.С., Король, О.А. Резервы повышения технологичности производства работ при капитальном ремонте зданий // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2020. № 3 (1027). С. 36–37.
8. Король, О.А., Дехтярь, Е.В. Организационно-технологические мероприятия для обеспечения регламентированных сроков производства работ по капитальному ремонту многоквартирных жилых домов // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2020. № 7 (1031). С. 45–47.
9. Marat Kuzhin, Marina Akimockina. Optimization of construction parameters using resource scheduling. E3S Web of Conferences 97, 06030 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199706030>
10. Oleg Korol Development of the methodology of calendar planning in the system of organizational and technological preparation of capital repair of multiapartment residential houses. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1425 (2020) 01208. DOI: 10.1088/1742-6596/1425/1/012086

## References

1. Korol E.A., Petrosyan R.S. Methodological approaches to the formation of the organizational and technological mechanism for improving the manufacturability of work during the overhaul of buildings. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference “FarEastCon 2019”. 2020. С. 032057.
2. Vatin N., Gorshkov A., Nemova D., Tarasova D. Energy efficiency of facades at major repairs of buildings. 633–6342014. 991–996 p. ISBN:9783038352563.
3. Korol E.A., Gaydysheva Y.V. Comparative analysis of dismantling works // CEB: Construction Equipment Bulletin. 2020. № 3 (1027). P. 24–26.
4. Korol E.A., Mostovoy D., Pleshivcev A. Technological parameter optimization of multilayer enclosure structures with the multiple-criteria decision analysis // In the collection: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 03031.
5. Korol E.A., Zhuravleva A.A. Algorithm for choosing rational organizational and technological solutions in the construction of low-rise residential buildings // CEB: Construction Equipment Bulletin. 2018. № 7 (1007). P. 51–53.
6. Korol E.A., Pleshivtsev A.A. Studies of technological operations by the method of timing during the construction of transformed low-rise buildings // Scientific Review. 2017. № 9. P. 10–15.
7. Petrosyan R.S., Korol O.A. Reserves for increasing the processability of works during overhaul of buildings // CEB: Construction Equipment Bulletin. 2020. № 3 (1027). P. 36–37.
8. Korol O.A., Dekhtyar E.V. Organizational and technological measures to ensure regulated deadlines for the overhaul of apartment buildings // CEB: Construction Equipment Bulletin. 2020. № 7 (1031). P. 45–47.
9. Marat Kuzhin, Marina Akimockina. Optimization of construction parameters using resource scheduling. E3S Web of Conferences 97, 06030 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199706030>
10. Oleg Korol Development of the methodology of calendar planning in the system of organizational and technological preparation of capital repair of multiapartment residential houses. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1425 (2020) 01208. DOI: 10.1088/1742-6596/1425/1/012086