

Формирование организационно-технологического механизма повышения технологичности производства работ при капитальном ремонте зданий

Рима Сергеевна Петросян

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Современные способы производства работ по капитальному ремонту зданий основаны на принципах точности и научных методах организации труда, разработанных с учетом специфики отдельных видов технологий ремонтно-строительных работ. В качестве основных показателей технологичности производства работ при капитальном ремонте рассмотрены: трудоемкость и продолжительность работ, материалоемкость, стоимость и затраты на изготовление конструкций. Каждый из этих показателей имеет соответствующие резервы, которые идентифицируются и используются для повышения технологичности производства как каждого вида работ, так и по зданию в целом.

Материалы и методы. В основу статьи положен метод оценки эффективности различных вариантов сокращения продолжительности проведения работ, что непосредственно влияет на изменение технологических параметров. Проведено рейтинговое оценивание среди подрядных организаций, позволяющее выявить резервы повышения производительности труда, а также определить добросовестные подрядные организации для заказчиков.

Результаты. Разработанная методика оценки технологичности производства работ по капитальному ремонту позволяет подрядным организациям обосновывать для заказчиков предложения по сокращению сроков и стоимости работ по капитальному ремонту. Использование разработанного организационно-технологического механизма в практике взаимодействия всех участников процесса капитального ремонта позволит не только достигнуть наиболее высоких показателей, но и будет служить основой для актуализации нормативных документов по капитальному ремонту зданий.

Выводы. Использованный метод оценки эффективности различных вариантов сокращения продолжительности работ и связанных с этим изменений технологических параметров по критерию Вальда, Сэвиджа и Гурвица позволил установить наиболее предпочтительное конструктивно-технологическое решение. Разработанная рейтинговая оценка подрядных организаций позволит на основе достигнутых результатов выявить имеющиеся резервы повышения производительности труда при производстве ремонтно-строительных работ и стимулировать эти организации в предпочтительности при осуществлении конкурсных процедур по выбору исполнителей работ заказчиком. Выявленные резервы сокращения продолжительности работ по капитальному ремонту использованы как основа для формирования мероприятий по повышению технологичности производства работ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: капитальный ремонт, резервы, технологичность, продолжительность, заказчик, подрядная организация, систематизация процессов

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Петросян Р.С. Формирование организационно-технологического механизма повышения технологичности производства работ при капитальном ремонте зданий // Строительство: наука и образование. 2023. Т. 13. Вып. 1. Ст. 6. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2023.1.6

Автор, ответственный за переписку: Рима Сергеевна Петросян, PetrosyanRS@mgsu.ru.

Formation of an organisational and technological mechanism to improve the manufacturability of works in total building renovation

Rima S. Petrosyan

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Modern methods of executing total building renovation are based on the principles of flow and scientific methods of labour organisation, developed with due regard for the specific features of certain types of repair and construction works technologies. The following labour-intensiveness and duration of work, material-intensiveness, cost and production cost of constructions are considered as the main indicators of work production technology in the course of overhaul repair. Each of these indicators has corresponding reserves, which are identified and used to improve the manufacturability of production of each type of work, as well as on the building as a whole.

Materials and methods. The article is based on the method of assessing the effectiveness of various options to reduce the duration of work, which directly affects the change in technological parameters. A ranking among contractors has been carried out to identify the reserves for increasing labour productivity, as well as to identify bona fide contractors for customers.

Results. The developed methodology of evaluation of manufacturability of overhaul works allows contractors to justify for customers the proposals on reduction of terms and cost of overhaul works. The use of the developed organizational and technological mechanism in practice of interaction of all participants of capital repair process will allow not only to achieve the highest indicators, but also will serve as a basis for actualization of normative documents on total building renovation.

Conclusions. The method of efficiency estimation of different variants of work time reduction and related changes of technological parameters according to Wald, Savage and Hurwitz criteria allowed to establish the most preferable construction-technological solution. The developed rating assessment of contractors will, on the basis of achieved results, enable to reveal reserves of increasing labour productivity in the course of repair-construction works and to encourage these organizations to be more preferable in carrying out competitive procedures of selecting contractors by the customer. The identified reserves of reducing the duration of overhaul works are used as a basis for the formation of measures to improve the manufacturability of works.

KEYWORDS: total building renovation, overhaul repair, reserves, manufacturability, duration, customer, contractor, process systematisation

FOR CITATION: Petrosyan R.S. Formation of an organisational and technological mechanism to improve the manufacturability of works in total building renovation. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2023; 13(1):6. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2023.1.6

Corresponding author: Rima S. Petrosyan, PetrosyanRS@mgsu.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Капитальный ремонт зданий представляет собой комплексный технологический процесс, организованный в эксплуатируемом здании, отличающийся рядом особенностей, влияющих на принятие организационно-технологических решений. Эти особенности регламентированы нормативными требованиями и методическими рекомендациями как в области проведения работ по капитальному ремонту, так и взаимодействия между участниками процесса (заказчиком, подрядчиком, жителями) и т.п. [1].

Поскольку работы по капитальному ремонту в многоквартирных жилых домах проводятся, как правило, без отселения жителей, важной задачей является сокращение их продолжительности без ущерба качества и увеличения стоимости работ. Продолжительность является одним из базовых параметров, характеризующих технологический процесс, и, соответственно, влияющих на технологичность. Интегральная оценка комплекса параметров, влияющих на технологичность, улучшение их значений за счет выявленных резервов и реализации разработанных мероприятий, является базовой платформой для формирования организационно-технологического механизма повышения технологичности работ при проведении капитального ремонта зданий [2–4].

Одной из особенностей реализации программы капитального ремонта в многоквартирных жилых домах является длительный 30-летний период ее реализации, в течение которого происходит совершенствование и обновление строительных технологий, материалов, технических средств и т.п., а также соответствующей им нормативно-технической базы.

Основным нормативно-техническим документом, регламентирующим проектирование работ по ка-

питальному ремонту, является СП 368.1325800.2017¹,², который устанавливает требования на проектирование капитального ремонта многоквартирных жилых зданий высотой до 75 м, в том числе общежитий квартирного типа, с учетом Изменений № 1, утвержденных приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства от 30 декабря 2020 г. № 924/пр.

Выявление резервов повышения технологичности производства работ при капитальном ремонте зданий дает возможность улучшения использования ресурсов в результате совершенствования организации труда, производственного процесса и управления, интенсификации технологического процесса. По методам реализации различают проектно-конструктивные, технологические и организационно-технологические резервы. Использование всех видов резервов означает наиболее рациональное использование материальных и трудовых ресурсов и, в конечном счете, определяет основные направления повышения технологичности работ по сравнению с установленным ранее уровнем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оценка технологичности производства ремонтно-строительных работ выполняется с помощью укрупненных показателей затрат труда, машинного времени и продолжительности выполнения составляющих их технологических процессов [5–8].

Выбрав для оценки технологичности несколько конструктивно-технологических решений для каждого ремонтируемого конструктивного элемента и разделив комплексный процесс капитального ремонта на составляющие его технологические процессы, определяют затраты труда, машинного времени и продолжительность по каждому процессу.

¹ СП 368.1325800.2017. Здания жилые. Правила проектирования капитального ремонта. Введ. 2018-05-26. М. : АО «ЦНС», 2018. 32 с.

² СП 372.1325800.2018. Здания жилые многоквартирные. Правила эксплуатации. Введ. 2018-07-19. М. : АО «ЦНС», 2018. 24 с.

1. Определение затрат ручного труда производится по следующей формуле:

$$t_{pi} = t_{pi}^{\circ} \cdot V_i, \quad (1)$$

где t_{pi} — затраты труда, чел.-ч; t_{pi}° — затраты труда на выполнение i -го составляющего процесса, чел.-ч; V_i — объем работ i -го составляющего процесса в натуральном измерителе.

2. Определение затрат машинного труда производится по следующей формуле:

$$t_{mi} = t_{mi}^{\circ} \cdot V_i, \quad (2)$$

где t_{mi} — затраты машинного времени, маш.-ч; t_{mi}° — затраты машинного времени на выполнение i -го объекта, маш.-ч.

3. Определение продолжительности работ:

$$a_i = a_i^{\circ} \cdot V_i, \quad (3)$$

где a_i — продолжительность выполнения дни/часы; a_i° — продолжительность выполнения единицы объема i -го составляющего процесса.

4. Расчет суммарных затрат труда, машинного времени и продолжительности работ по капитально-му ремонту i -го объекта производится по формулам:

$$T_j = \sum_{i=1}^e t_{pi}^{\circ} \cdot V_i; \quad (4)$$

$$T_{Mj} = \sum_{i=1}^e t_{mi}^{\circ} \cdot V_i; \quad (5)$$

$$A_j = \sum_{i=1}^e a_i^{\circ} \cdot V_i. \quad (6)$$

Количественные значения величин t_{pi}° и t_{mi}° для каждого составляющего процесса определяются путем осреднения данных хронометражных наблюдений, проектов производства работ и по действующим нормативам СНиП и ЕНиР по выполнению данного процесса в соответствии с условиями выбранной технологической нормали. Количественные значения величин a_i° определяются по сетевому графику в соответствии с выбранной технологической нормалью и с учетом степени влияния на общую продолжительность возведения здания.

Количественные значения величин a_i° определяются путем осреднения данных сетевых графиков и фактических данных по продолжительности выполнения данного процесса в соответствии с выбранной технологической нормалью и с учетом степени влияния на общую продолжительность возведения здания.

При этом могут иметь место три случая:

- выполнение i -го процесса не лежит на критическом пути; в этом случае: $a_i^{\circ} = 0$;
- выполнение рассматриваемого i -го процесса полностью лежит на критическом пути; в этом случае продолжительность выполнения единицы ра-

бот i -го процесса можно определить в зависимости от того, является ли i -й процесс механизированным или ручным как:

$$a_i^{\circ} = \frac{t_{Mi}^{\circ}}{8,2}, \quad (7)$$

либо как:

$$a_i^{\circ} = \frac{t_{pi}^{\circ}}{t \cdot 8,2}; \quad (8)$$

- выполнение i -го процесса лежит на критическом пути частично, в этом случае продолжительность определяется формулами:

$$a_i^{\circ} = \frac{t_{Mi}^{\circ}}{\beta \cdot 8,2}, \quad (9)$$

или

$$a_i^{\circ} = \frac{t_{pi}^{\circ}}{\beta \cdot t_i \cdot 8,2}, \quad (10)$$

где β — отношение продолжительности процесса, лежащего на критическом пути сетевого графика, к общей продолжительности работ.

5. Определение объемов работ.

Объемы работ большинства составляющих процессов V_i измеряются в тех единицах, которые приняты для составления смет. Если сметные измерения расходятся с единицами измерения в нормативных документах, за единицу измерения объема работ следует принимать один маш.-ч работы ведущей машины, а количество маш.-ч определять для каждого технологического процесса отдельно.

Эти затраты могут быть определены по нормативным документам. Однако для каждого конкретного технологического процесса существуют определенные зависимости между установленными диапазонами различных параметров. Эти зависимости в общем виде могут быть определены формулами:

$$\tau = a \cdot b_n; \quad (11)$$

$$t = a_n \cdot b_n^2. \quad (12)$$

Область применения зависимости (14) ограничена определенными значениями $n_{\max}$, по достижении которых она принимает вид:

$$t = p \cdot n, \quad (13)$$

где p — постоянный коэффициент.

Пользуясь зависимостью (12), для каждой совокупности технологических процессов можно определять расход кранового времени.

6. Суммарный показатель технологичности.

Сравнение показателей технологичности производства работ по капитальному ремонту осуществляется по показателю технологической стоимости

проведения работ по капитальному ремонту, определяемой с учетом их продолжительности.

Стоимость проведения работ по капитальному ремонту, определенная при одинаковой для всех сравниваемых конструкций технологической нормалю, называется в дальнейшем расчетной технологической стоимостью работ по капитальному ремонту.

Если изменения проектных решений влечет за собой существенные изменения технологии, требует применения иных типов машин и механизмов, чем предусмотрено в нормалю и т.п., то определить расчетную технологическую стоимость работ по капитальному ремонту не представляется возможным. В этом случае определяется общая экономическая эффективность проектного решения в соответствии с действующими нормативными документами.

Понятие расчетной технологической стоимости работ по капитальному ремонту является условным. Оно включает затраты на механизацию, заработную плату и долю накладных расходов, зависящих от возможного увеличения или уменьшения продолжительности работ. Поскольку увеличение или уменьшение продолжительности работ определяется по отношению базового проектного решения, то и величина расчетной технологической стоимости носит относительный характер. Расчетная технологическая стоимость дает возможность оценить конструктивные решения лишь с точки зрения производства работ, так как при ее исчислении не учитывается капиталоемкость применяемых машин и механизмов [9–11].

Расчетная стоимость работ по капитальному ремонту является суммарной количественной оценкой и представляет собой сумму стоимостей выполнения отдельных составляющих процессов:

$$S_j = S_1 + S_2 + \dots + S_e = \sum_{i=1}^e S_i. \quad (14)$$

Расчетная стоимость выполнения составляющего процесса может быть выражена как произведение объема работ данного вида V_i на расчетную стоимость выполнения единицы работ данного вида:

$$C_i/S_i = V_i \cdot C_i \dots; \quad (15)$$

$$S_j = \sum_{i=1}^e V_i \cdot C_i \dots \quad (16)$$

Расчетные стоимости единицы каждого из основных видов работ определяются по формуле:

$$C_i = M_i^\circ + d_i^\circ + \delta_i^\circ + b_i^\circ, \quad (17)$$

где M_i° — затраты на механизацию при выполнении единицы работ i -го вида в руб.; d_i° — заработная плата рабочих на единицу работы в руб.; δ_i° — изменение накладных расходов, связанное с изменением затрат труда с заработной платы в руб.; b_i° — изменение накладных расходов, связанное с изменением общей продолжительности капитального ремонта

при увеличении объемов работ данного вида на одну единицу в руб.

Величина затрат на механизацию M_i° может быть представлена как:

$$M_i^\circ = t_{mi}^\circ \cdot C_{мч}, \quad (18)$$

где t_{mi}° — затраты машинного времени на выполнение единицы работ данного вида, маш.-ч; $C_{мч}$ — цена маш.-ч работы данной машины.

Величину заработной платы можно представить как:

$$d_i^\circ = t_{pi}^\circ \cdot K_i, \quad (19)$$

где t_{pi}° — трудоемкость единицы работ, чел.-ч; K_i — среднечасовая тарифная ставка в руб.

Величины δ_i° и b_i° определяются следующим образом:

$$\delta_i^\circ = t_{pi}^\circ \left(\frac{0,4}{8,2} + K_i \cdot 0,15 \right), \quad (20)$$

где 0,4 и 0,15 — размер экономии накладных расходов при сокращении затрат труда и заработной платы;

$$b_i^\circ = a_i^\circ \cdot H, \quad (21)$$

где a_i° — разница в продолжительности работ, т.е. увеличение или уменьшение общей продолжительности капитального ремонта здания или составляющего его технологического процесса (в сменах) при увеличении(или уменьшении) объемов работ данного вида на одну единицу; H — доля переменной части накладных расходов, руб., приходящаяся на один день продолжительности работ.

Подставляя полученные значения в формулу (17), получим:

$$C_i = t_{mi}^\circ \cdot C_{мч} + t_{pi}^\circ \cdot (1,15 K_i + 0,487) + a_i^\circ \cdot H. \quad (22)$$

Технологичность i -го варианта проекта капитального ремонта может быть оценена коэффициентом технологичности K_{ii} , величина которого определится выражением:

$$K_{ii} = 1 + \frac{\Delta S_i}{S_j}, \quad (23)$$

где ΔS_i — увеличение или уменьшение расчетной стоимости i -го варианта проекта капитального ремонта по сравнению с расчетной стоимостью базового варианта.

При значениях $K_{ii} > 1,03$ сравниваемый вариант считается менее технологичным, чем базовый, и к дальнейшей разработке не рекомендуется.

При значениях $K_{ii} < 0,97$ сравниваемый вариант считается более технологичным и рекомендуется к дальнейшей разработке.

При значениях $0,97 < K_{ii} < 1,03$ сравниваемый и эталонный варианты считаются равноценными по технологичности и решение о целесообраз-

ности дальнейшей разработки принимается исходя из сопоставления частных показателей (расход материалов, степень унификации и типизации и т.п.).

Определение технологической стоимости базового проектного решения ремонта конструктивных элементов при капитальном ремонте зданий производится по формуле:

$$S_{\text{э}} = T_{\text{мэ}} \cdot (C_{\text{мч}})_{\text{э}} + T_{\text{э}} \cdot q + H_r. \tag{24}$$

Разница в расчетной стоимости определяется по формуле:

$$\Delta S_j = \Delta T_{\text{н}} \cdot (C_{\text{мч}})_j + \Delta T_j \cdot q + \Delta T_j \left(\frac{0,4}{8,2} + q \cdot 0,15 \right) + \Delta A_j \cdot H; \tag{25}$$

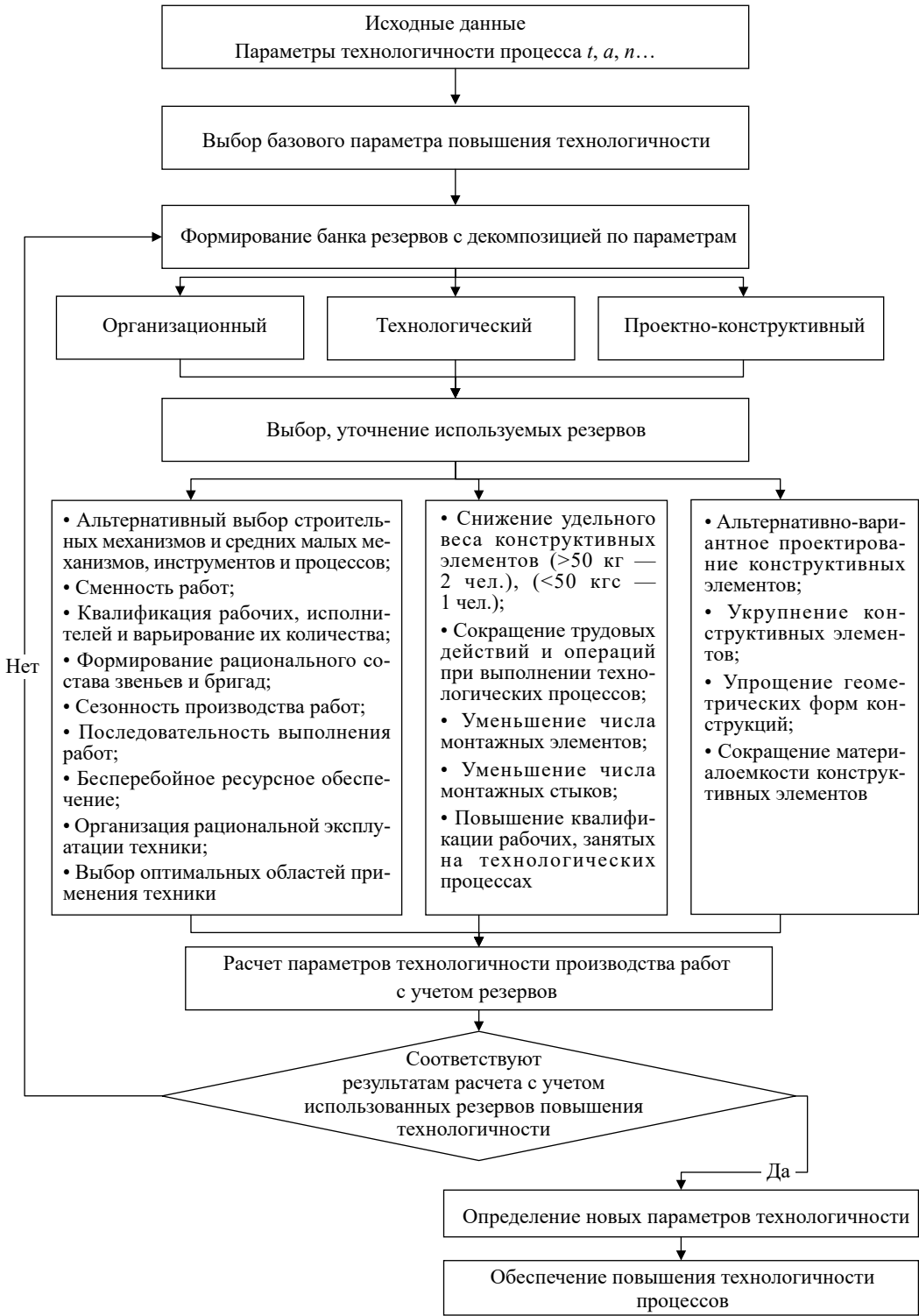


Рис. 1. Алгоритм формирования организационно-технологического механизма повышения технологичности

$$\Delta T_j = T_{Mj} - T_{Mэ}, \quad (26)$$

где

$$\begin{aligned} \Delta T_j &= T_j - T_э; \\ \Delta A_j &= A_j - A_э. \end{aligned} \quad (27)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основанием для принятия обоснованного решения и формирования программы работ при проведении капитального ремонта конструктивных элементов и инженерных систем зданий являются материалы их обследования с оценкой физического и морального износа. Разработан алгоритм формирования организационно-технологического механизма повышения технологичности (рис. 1) для

принятия решения, включающий ряд взаимосвязанных последовательно выполняемых действий. Повышение технологичности ремонтно-строительных работ требует упорядочения как технологических операций, составляющих отдельные технологические процессы капитального ремонта зданий, так и самих работ между собой, устранения необоснованных технологически и организационно перерывов, использования прогрессивных поточных методов производства работ, выстраивания рациональных последовательных и параллельных связей между работами. В большинстве случаев производственные резервы являются следствием влияния организационно-технологических факторов [12–14].

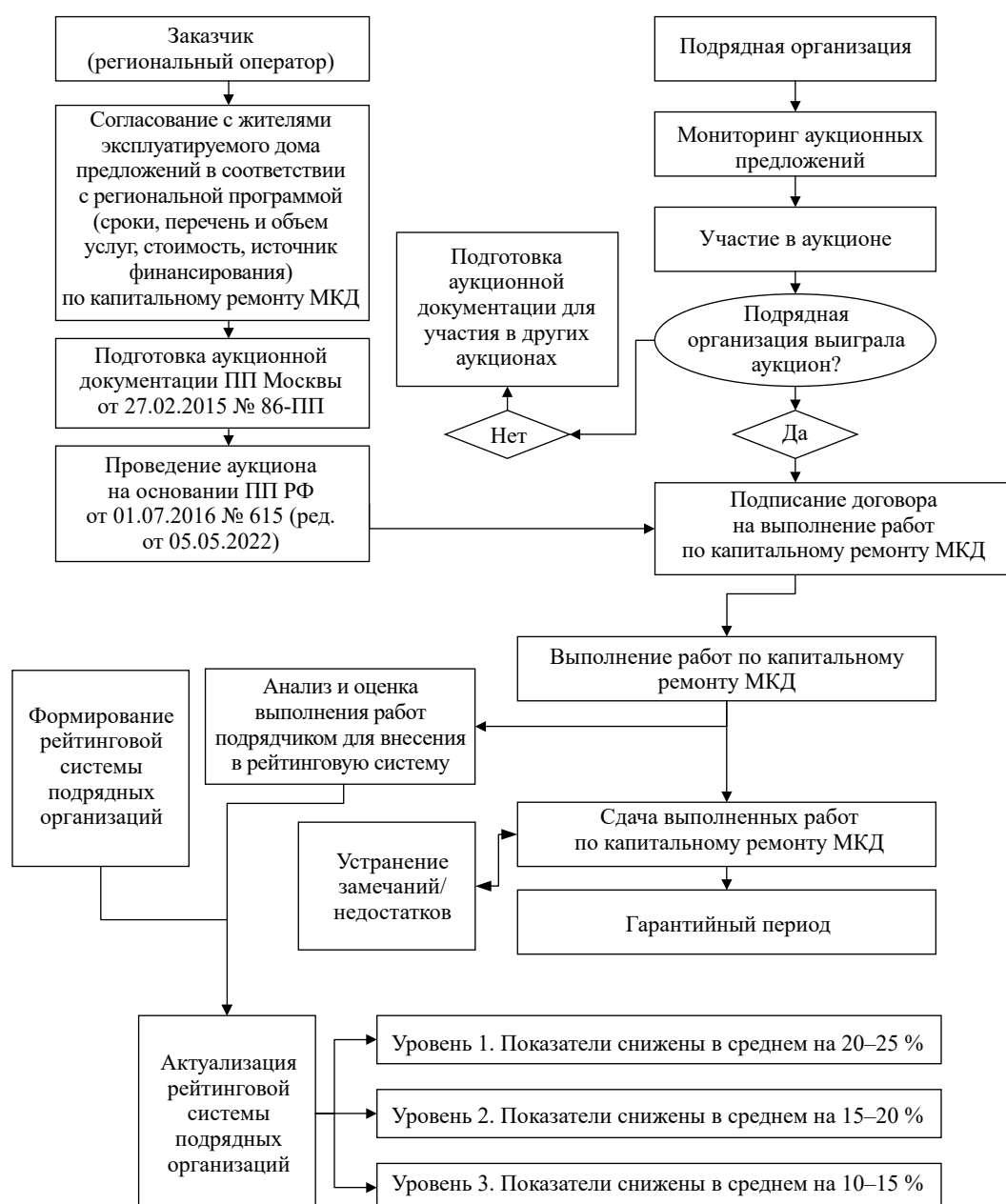


Рис. 2. Блок-схема формирования рейтинговой системы подрядных организаций

Особенностью работ по капитальному ремонту является то, что отдельные технологические процессы выполняются как снаружи, так и внутри эксплуатируемого здания. В этой связи, поскольку здание полностью построено, и в процессе капитального ремонта подвергаются замене или восстановлению только отдельные его конструктивные элементы и инженерные системы, последовательность технологических процессов, их совмещение существенно отличаются от процесса возведения новых зданий. Отсюда вытекают, в первую очередь, резервы сокращения продолжительности комплекса работ по капитальному ремонту по сравнению с аналогичными работами в новом строительстве [15, 16].

Взаимная увязка технологических и организационных факторов, позволяющих сократить сроки производства работ, положительно влияет и на снижение стоимости работ за счет уменьшения накладных расходов, связанных с необходимостью обеспечения самого производственного процесса производства работ по капитальному ремонту зданий.

Разработана блок-схема рейтинговой системы и оценки подрядных организаций, позволяющая на основе достигнутых результатов выявить имеющиеся резервы повышения производительности труда при производстве ремонтно-строительных работ и стимулировать эти организации в предпочтительности при осуществлении конкурсных процедур по выбору исполнителей работ заказчиком (рис. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Совершенствование технологий ремонтно-строительного производства связано с развитием методической базы и их оценочных показателей. В документах технологического нормирования приводятся базовые параметры, по которым производится проектирование технологических процессов, такие как удельные затраты труда рабочих, минимальное количество исполнителей, состав работ в структуре технологических процессов и т.п.

Для оценки соответствия проектных решений или отдельных конструктивных элементов требованиям производственных или технологических процессов используют понятие технологичности.

Отсутствие нормативной базы для идентификации как самого понятия технологичности, так и его характеристик затрудняет верификацию в строительном производстве реализуемых организационных и технологических резервов улучшения параметров производственных процессов. Для формирования единообразия в понятийном аппарате в области технологичности применительно к работам по капитальному ремонту может быть использована методологическая база, сформированная научными трудами ведущих российских и зарубежных ученых, и соответствующий междисциплинарный опыт нормирования в других отраслях (например, в машиностроении) [17–19].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Король О.А.* Концептуальные основы формирования нормативной базы капитального ремонта общего имущества многоквартирных жилых домов // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 11 (1011). С. 20–21.

2. *Шрейбер К.К.* Рекомендации по совершенствованию организационно-технологической подготовки капитального ремонта многоквартирных домов // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 11. С. 50–55. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.11.50-55

3. *Шрейбер К.А.* Технология производства ремонтно-строительных работ : научное издание. М. : Из-во АСВ, 2014. 264 с.

4. *Шрейбер К.А., Шрейбер А.А.* Капитальный ремонт общего имущества многоквартирных домов: контроль за деятельностью региональных операторов // Государственный аудит. Право. Экономика. 2017. № 3–4. С. 153–159.

5. *Гусакова Е.А., Красновский Б.М., Ройтман В.М.* Организационно-технологический генезис

как системообразующий фактор жизненного цикла объекта строительства // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 9 (87). С. 6–10. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36366169>

6. *Мухаметзянов З.Р.* Разработка организационных решений на основе технологического взаимодействия между строительными работами и процессами // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. № 1 (49). С. 65–71. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32556357>

7. *Маляев В.Д.* Выбор технических и организационно-технологических решений ремонтно-строительного производства в сфере ЖКХ и городской среды : автореф. дис. ... канд. тех. наук. Ростов-н/Д, 2020. 24 с.

8. *Курочка П.Н.* Методы построения интегральной оценки организационно-технических решений // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 1 (8). С. 7–26. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28201444>

9. Вилкас Э.Й. Решения: теория, информация, моделирование. М. : Радио и связь, 1981. 328 с.

10. Афанасьев В.А. Алгоритмы формирования, расчета и оптимизации методов организации работ. Л. : ЛИСИ, 1980. 96 с.

11. 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 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 753. Issue 3. P. 032057. DOI: 10.1088/1757-899X/753/3/032057

12. Красновский Б.М. Организационно-технологический потенциал решений строительного объекта — инструмент повышения эффективности организации строительства // Строительное производство. 2020. № 2. С. 140–143. DOI: 10.54950/26585340_2020_2_140

13. Котова Л.О. Инновационные технологии капитального ремонта многоквартирных жилых домов // Строительство — формирование среды жизнедеятельности. XXI Международная научная конференция : сб. мат. семинара «Молодежные инновации» (г. Москва, 25–27 апреля 2018 г.). М., 2018. С. 341–344.

14. Бидов Т.Х., Аветисян Р.Т. Формирование производственно-технологических модулей // Известия Тульского государственного университета.

Технические науки. 2019. № 12. С. 496–498. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41746239>

15. Киевский Л.В. Методические вопросы разработки технологических карт в строительстве для модульного дома на основе хронометражных наблюдений // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 11. С. 41–49.

16. Алоян Р.М., Сеферян Л.А., Маилян А.Л. Факторы устойчивого развития жилищного фонда крупного города // Инженерный вестник Дона. 2017. № 1 (44). Ст. 63. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29751799>

17. Skibniewski M.J., Zavadskas E.K. Technology development in construction: a continuum from distant past into the future // Journal of Civil Engineering and Management. 2013. Vol. 19. Issue 1. Pp. 136–147. DOI: 10.3846/13923730.2012.756060

18. Tamošaitienė J., Gaudutis E. Complex assessment of structural systems used for high-rise buildings // Journal of Civil Engineering and Management. 2013. Vol. 19. Issue 2. Pp. 305–317. DOI: 10.3846/13923730.2013.772071

19. Zavadskas E.K., Turskis Z., Šliogerienė J., Vilutienė T. An integrated assessment of the municipal buildings' use including sustainability criteria // Sustainable Cities and Society. 2021. Vol. 67. Issue 1. P. 102708. DOI: 10.1016/j.scs.2021.102708

Поступила в редакцию 1 марта 2023 г.

Принята в доработанном виде 14 марта 2023 г.

Одобрена для публикации 14 марта 2023 г.

ОБ АВТОРЕ: **Рима Сергеевна Петросян** — преподаватель кафедры жилищно-коммунального комплекса; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИИ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; SPIN-код: 8838-9734, Scopus: 57202812669, ResearcherID: ABG-4667-2020, ORCID: 0000-0002-6243-0482; PetrosyanRS@mgsu.ru.

INTRODUCTION

The total building renovation is a complex technological process organised in the operated building, characterised by a number of peculiarities affecting the adoption of organisational and technological solutions. These features are regulated by regulatory requirements and methodological recommendations both in the field of capital repair works and interaction between the participants of the process (customer, contractor, residents), etc. [1].

Since renovation works in apartment buildings are usually carried out without the eviction of residents, an important task is to shorten their duration without compromising the quality and increasing the cost of the work. Duration is one of the basic parameters characterising the technological process and, accordingly, influencing

the manufacturability. Integral assessment of the set of parameters affecting manufacturability, improvement of their values due to the identified reserves and implementation of developed measures is the basic platform for the formation of organizational and technological mechanism to improve manufacturability of works during major repairs of buildings [2–4].

One of the peculiarities of the capital repair programme in apartment buildings is its long 30-year implementation period, during which construction technologies, materials, technical means, etc., as well as their respective regulatory and technical bases are improved and updated.

The main normative and technical document regulating the design of capital repair works is CP 368.1325800.2017^{1, 2}, which establishes require-

¹ CP 368.1325800.2017. Residential buildings. Design rules for major repairs. Introduced 2018-05-26. Moscow, TSNS Publ., 2018; 32.

² CP 37 2.1325800.2018. Multifamily residential buildings. Rules of operation. Introduced. 2018-07-19. Moscow, JSSC Publ., 2018; 24.

ments for the design of major repairs of apartment buildings up to 75 m height, including apartment-type dormitories, taking into account Amendments No. 1, approved by Order No. 924/order of the Ministry of Construction, Housing and Utilities of December 30, 2020.

Identification of reserves to improve the manufacturability of works during the overhaul of buildings provides an opportunity to improve the use of resources as a result of improving the organization of labour, production process and management, intensification of the technological process. According to the methods of implementation there are design, technological and organizational-technological reserves. The use of all types of reserves means the most rational use of material and labor resources and, ultimately, determines the main directions for increasing the manufacturability of works compared to the previously established level.

MATERIALS AND METHODS

The assessment of manufacturability of repair and construction works is carried out with the help of aggregated indicators of labour input, machine time and duration of their constituent technological processes [5–8].

By selecting several design-technological solutions for each repaired component and dividing the complex process of overhaul into its component technological processes, the labour input, machine time and duration for each process are determined.

1. Determine the manual labour cost using the following formula:

$$t_{pi} = t_{pi}^{\circ} \cdot V_i, \quad (1)$$

where t_{pi} — labour input, man-hour; t_{pi}° — labour input for the i -th component of the process, man-hour; V_i — the amount of work of the i -th component of the process in physical terms.

2. The machine labour costs are determined using the following formula:

$$t_{mi} = t_{mi}^{\circ} \cdot V_i, \quad (2)$$

where t_{mi} — machine time, mach.-hour; t_{mi}° — machine time for the execution of the i -th object, machine-hour.

3. Determining the duration of the work:

$$a_i = a_i^{\circ} \cdot V_i, \quad (3)$$

where a_i — duration days/hours; a_i° — duration per unit of volume of the i -th process component.

4. Calculation of total labour costs, machine time and duration of overhaul of the i -th object is carried out according to the formulas:

$$T_j = \sum_{i=1}^e t_{pi}^{\circ} \cdot V_i; \quad (4)$$

$$T_{Mj} = \sum_{i=1}^e t_{mi}^{\circ} \cdot V_i; \quad (5)$$

$$A_j = \sum_{i=1}^e a_i^{\circ} \cdot V_i. \quad (6)$$

Quantitative values of the values t_{pi}° and t_{mi}° for each process component are determined by averaging the data from timekeeping observations, work projects and the applicable SNiP and UNaP standards for the execution of this process in accordance with the conditions of the selected process standard. Quantitative values of the values a_i° are calculated in accordance with the selected technology standard and the degree of influence on the total time of the building erection.

The quantitative values of the a_i° are determined by averaging the data from the network diagrams and actual data on the duration of a given process in accordance with the selected process standard and taking into account the degree of influence on the total duration of the building erection.

There are three cases that can occur:

- the execution of the i -th process does not lie on the critical path; in this case $a_i^{\circ} = 0$;
- the execution of the i -th process in question lies entirely on the critical path; in this case, the duration of the unit of work of the i -th process can be determined depending on whether the i -th process is mechanised or manual as:

$$a_i^{\circ} = \frac{t_{Mi}^{\circ}}{8.2}, \quad (7)$$

or as:

$$a_i^{\circ} = \frac{t_{pi}^{\circ}}{t \cdot 8.2}; \quad (8)$$

- the execution of the i -th process lies partly on the critical path, in which case the duration is determined by the formulas:

$$a_i^{\circ} = \frac{t_{Mi}^{\circ}}{\beta \cdot 8.2}, \quad (9)$$

or

$$a_i^{\circ} = \frac{t_{pi}^{\circ}}{\beta \cdot t_i \cdot 8.2}, \quad (10)$$

where β — the ratio of the duration of the process lying on the critical path of the network diagram to the total duration of the work.

5. Determining the scope of work.

The workloads of most of the constituent processes V_i are measured in the units used in the cost estimates. If the estimated measurements deviate from the units of measurement in the regulations, the unit of measure for the scope of work should be 1 mac.-hour of the lead machine and the number of mach.-hour should be determined for each process separately.

These costs can be determined from the regulations. However, for each specific process, there are certain dependencies between the defined ranges of the various parameters. These dependencies can be defined in general terms by formulas:

$$\tau = a \cdot b_n; \quad (11)$$

$$t = a_n \cdot b_n^2. \quad (12)$$

The scope of dependence (14) is limited to certain values $n_{\max}$, upon reaching which it takes the form of:

$$t = p \cdot n, \quad (13)$$

where p — is a constant factor.

Using dependence (12), the crane time consumption can be determined for each set of processes.

6. Total manufacturability index.

A comparison of the technology performance of overhaul work is made using the technology cost of overhaul work, which is determined by taking into account the duration of the overhaul.

The cost of overhaul work determined with the same technological standard for all comparable structures is hereafter referred to as the estimated technological cost of overhaul work.

If changes in design solutions entail significant changes in technology, require the use of other types of machines and mechanisms than those provided for in the standard, etc., it is not possible to determine the estimated technological cost of overhaul work. In this case, the overall cost-effectiveness of the design solution is determined in accordance with current regulations.

The notion of the estimated technological cost of overhaul work is notional. It includes the costs of mechanisation, wages and a proportion of overheads depending on possible increases or decreases in the duration of the work. Since the increase or decrease in the duration of the work is determined in relation to the basic design solution, the value of the estimated technological cost is relative. The estimated technological cost makes it possible to evaluate the design solutions only from the point of view of work production, as its calculation does not take into account the capital intensity of the machines and mechanisms used [9–11].

The estimated cost of major repair work is a total quantification and is the sum of the costs of carrying out the individual component processes:

$$S_j = S_1 + S_2 + \dots + S_e = \sum_{i=1}^e S_i. \quad (14)$$

The estimated cost of carrying out a component process can be expressed as the product of the amount of work of that type V_i by the estimated unit cost of this type of work:

$$C_i / S_i = V_i \cdot C_i \dots; \quad (15)$$

$$S_j = \sum_{i=1}^e V_i \cdot C_i \dots \quad (16)$$

The estimated unit costs for each of the main types of work are determined by the formula:

$$C_i = M_i^\circ + d_i^\circ + \delta_i^\circ + b_i^\circ, \quad (17)$$

where M_i° — the cost of mechanisation per unit of work of the i -th type in roubles; d_i° — wages of workers per unit of work in roubles; δ_i° — the change in overheads due to the change in labour costs from wages and salaries in RR; b_i° — the change in overheads associated with the change in the total duration of the overhaul with an increase in the scope of this type of work by 1 unit in roubles.

The magnitude of the cost of mechanization M_i° can be represented as:

$$M_i^\circ = t_{mi}^\circ \cdot C_{m,h}, \quad (18)$$

where t_{mi}° — the machine time required to complete a unit of a given type of work, man-hour; $C_{m,h}$ — the price per mach.-hour of this machine.

The value of wages can be represented as:

$$d_i^\circ = t_{pi}^\circ \cdot K_i, \quad (19)$$

where t_{pi}° — labour input per unit of work, man-hour; K_i — the average hourly tariff rate in roubles.

Values δ_i° and b_i° are defined as follows:

$$\delta_i^\circ = t_{pi}^\circ \left(\frac{0.4}{8.2} + K_i \cdot 0.15 \right), \quad (20)$$

where 0.4 and 0.15 are overhead cost savings from reduced labour and wage costs;

$$b_i^\circ = a_i^\circ \cdot H, \quad (21)$$

where a_i° — the difference in duration, i.e. the increase or decrease in the total duration of a major repair of a building or its component process (in shifts) with an increase (or decrease) in the amount of work of the given type by 1 unit; H — the share of the variable part of the overhead, roubles, per day of the duration of the work.

By substituting these values into formula (17), we obtain:

$$C_i = t_{mi}^\circ \cdot C_{m,h} + t_{pi}^\circ \cdot (1.15 K_i + 0.487) + a_i^\circ \cdot H. \quad (22)$$

The manufacturability of the i -th option of the overhaul project can be evaluated by the manufacturability factor K_{ii} , the value of which is determined by the expression:

$$K_{ii} = 1 + \frac{\Delta S_i}{S_e}, \quad (23)$$

where ΔS_i — the increase or decrease in the estimated cost of the i -th option of the capital improvement project compared to the estimated cost of the base option.

With values of $K_i > 1.03$, the compared variant is considered to be less technologically advanced than the base variant and is not recommended for further development.

With values of $K_i < 0.97$, the compared variant is considered to be more technologically advanced and is recommended for further development.

With values of $0.97 < K_i < 1.03$, the compared and reference variants are considered to be of equal processability and the decision on the expediency of further

development is based on a comparison of specific indicators (material consumption, degree of unification and typification, etc.).

Determine the technological cost of the basic design solution for the repair of structural elements in major building renovations by using the formula:

$$S_e = T_{me} \cdot (C_{m,h})_e + T_e \cdot q + H_r. \tag{24}$$

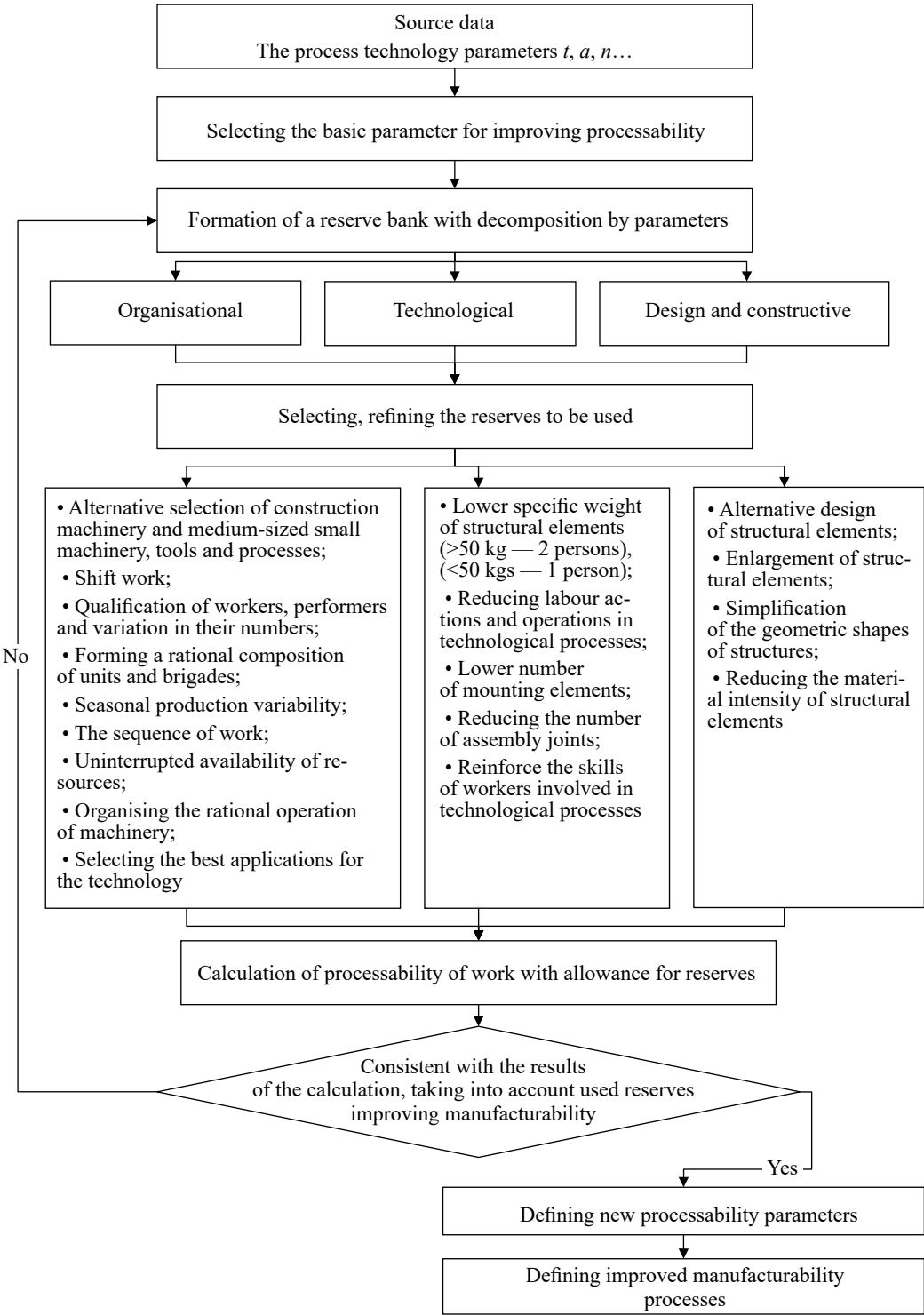


Fig. 1. Algorithm of formation of organisational and technological mechanism to improve manufacturability

The difference in estimated value is determined by the formula:

$$\Delta S_j = \Delta T_{Hj} \cdot (C_{m,h})_j + \Delta T_j \cdot q + \Delta T_j \left(\frac{0.4}{8.2} + q \cdot 0.15 \right) + \Delta A_j \cdot H; \quad (25)$$

$$\Delta T_j = T_{Mj} - T_{Me}, \quad (26)$$

where

$$\Delta T_j = T_j - T_e; \quad (27)$$

$$\Delta A_j = A_j - A_e.$$

RESEARCH RESULTS

The basis for making a justified decision and forming the programme of works when carrying out over-

haul of structural elements and engineering systems of buildings are the materials of their inspection with the assessment of physical and moral deterioration. The algorithm of formation of organizational and technological mechanism of enhancement of manufacturability (Fig. 1) for decision-making, which includes a number of interrelated sequentially performed actions, has been developed. The enhancement of manufacturability of repair-construction works requires streamlining both technological operations, which compose separate technological processes of buildings' overhaul, and the works themselves, the removal of unfounded technological and organisational breaks, the use of progressive flow methods of works, building rational sequential and parallel links between the works. In most cases, production reserves are a consequence of the influence of organizational and technological factors [12–14].

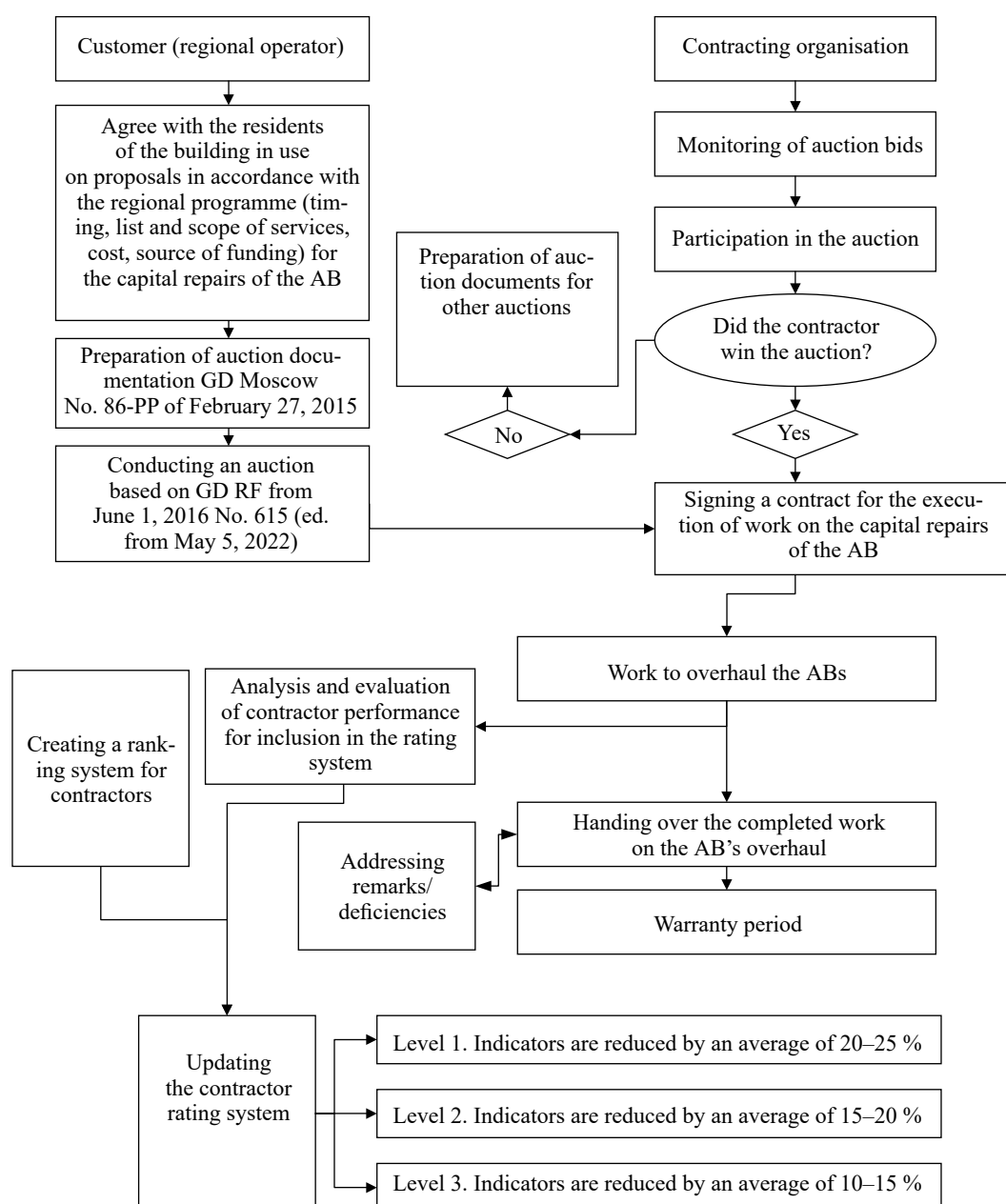


Fig. 2. Block diagram of the formation of the contractor rating system

The peculiarity of capital repair works is that individual technological processes are carried out both outside and inside the operated building. In this regard, since the building is completely constructed and only some of its structural elements and engineering systems are replaced or restored in the process of overhaul, the sequence of technological processes and their combination differ significantly from the process of constructing new buildings. Hence, there are, first of all, the reserves for reducing the duration of the complex of works on overhaul as compared to similar works in new construction [15, 16].

The mutual alignment of technological and organisational factors that allow for shorter working times also has a positive effect on reducing the cost of work by reducing the overheads associated with the need to ensure the production process itself for the renovation of the buildings.

A flow chart of contractor rating and evaluation system has been developed to reveal the available reserves for increasing labour productivity in the course of repair and construction works on the basis of the results achieved and to encourage these organisations to be preferred when carrying out tender procedures to select work contractors by the customer (Fig. 2).

CONCLUSION AND DISCUSSION

The improvement of repair-construction technologies is connected with the development of methodological base and their evaluation indicators. Technological standardisation documents provide basic parameters, according to which technological processes are designed, such as specific labour input of workers, minimum number of performers, composition of works in the structure of technological processes, etc.

The concept of manufacturability is used to assess the conformity of design solutions or individual structural elements with the requirements of production or technological processes.

The lack of normative base to identify both the concept of manufacturability and its characteristics makes it difficult to verify in the construction industry the implemented organizational and technological reserves to improve the parameters of production processes. The methodological basis formed by the scientific works of leading Russian and foreign scientists and relevant interdisciplinary experience of rationing in other industries (for example, in mechanical engineering) can be used to form a uniform conceptual framework in the field of manufacturability as applied to overhaul works [17–19].

REFERENCES

1. Korol O.A. Conceptual foundations of the regulatory framework of capital repairs of common property in apartment houses. *BST: Bulletin of Construction Equipment*. 2018; 11:20-21. (rus.).
2. Schreiber K.K. Recommendations for improving organizational and technological preparation of capital repairs of common property of apartment buildings. *Industrial and Civil Engineering*. 2019; 11:50-55. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.11.50-55 (rus.).
3. Schreiber K.A. *Technology of production of repair and construction works : scientific edition*. Moscow, Publishing House of the DIA, 2014; 264. (rus.).
4. Schreiber K.A., Schreiber A.A. Capital repairs of common property in apartment buildings: monitoring the activity of regional operators. *State Audit. Right. Economy*. 2017; 3-4:153-159. (rus.).
5. Gusakova E.A., Krasnovsky B.M., Roitman V.M. Organizational-technological genesis as the system-forming factor of the construction objects life cycle. *Science and Business: Ways of Development*. 2018; 9(87):6-10. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36366169> (rus.).
6. Mukhametzyanov Z.R. Mechanism of development of organizational solutions based on a technological interaction between construction works and processes. *Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture*. 2018; 1(49):65-71. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32556357> (rus.).
7. Mailyan V.D. *The choice of technical and organizational and technological solutions of repair and construction production in the field of housing and communal services and the urban environment : abstract. dis. ... candidate of Technical Sciences*. Rostov-on-Don, 2020; 24. (rus.).
8. Kurochka P.N. Methods of construction of integral assessment organizational and technical solutions. *Russian Journal of Building Construction and Architecture*. 2016; 1(8):7-26. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28201444> (rus.).
9. Vilkas E.Y. *Solutions: theory, information, modeling*. Moscow, Radio and Communications Publ., 1981; 328. (rus.).
10. Afanasyev V.A. *Algorithms of formation, calculation and optimization of methods of work organization*. Leningrad, LISI Publ., 1980; 96. (rus.).
11. 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. *IOP Conference series: materials science and engineering*. 2020; 753(3):032057. DOI: 10.1088/1757-899X/753/3/032057
12. Krasnovsky B.M. Organizational and technological potential is a tool for increasing the efficiency of con-

struction organization. *Construction Production*. 2020; 2:140-143. DOI: 10.54950/26585340_2020_2_140 (rus.).

13. Kotova L.O. Innovative technologies of capital repairs of multi-apartment residential buildings. *Construction — formation of the life environment. XXI International Scientific Conference : collection of seminar material “Youth innovations” (Moscow, April 25–27, 2018)*. Moscow, 2018; 341-344. (rus.).

14. Bidov T.H., Avetisyan R.T. Formation of production and technological modules. *Izvestiya Tula State University*. 2019; 12:496-498. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41746239> (rus.).

15. Kievsky L.V. Methodological issues of the development of technological maps in construction for a modular house based on time-lapse observations. *Industrial and civil construction*. 2016; 11:41-49. (rus.).

16. Aloyan R.M., Seferyan L.A., Mailyan A.L. Factors of sustainable development housing stock

large cities. *Engineering journal of Don*. 2017; 1(44):63. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29751799> (rus.).

17. Skibniewski M.J., Zavadskas E.K. Technology development in construction : a continuum from distant past into the future. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2013; 19(1):136-147. DOI: 10.3846/13923730.2012.756060

18. Tamošaitienė J., Gaudutis E. Complex assessment of structural systems used for high-rise buildings. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2013; 19(2):305-317. DOI: 10.3846/13923730.2013.772071

19. Zavadskas E.K., Turskis Z., Šliogerienė J., Vilutienė T. An integrated assessment of the municipal buildings' use including sustainability criteria. *Sustainable Cities and Society*. 2021; 67(1):102708. DOI: 10.1016/j.scs.2021.102708

Received March 1, 2023.

Adopted in revised form on March 14, 2023.

Approved for publication on March 14, 2023.

BIONOTES: Rima S. Petrosyan — lecturer at the Department of Housing and Utilities; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; SPIN-code: 8838-9734, Scopus: 57202812669, ResearcherID: ABG-4667-2020, ORCID: 0000-0002-6243-0482; PetrosyanRS@mgsu.ru.