

Оптимизация преобразования массовой жилой застройки

Курочкин Г. Ф., Пилипенко В. М.

Научно-исследовательское и проектно-технологическое республиканское Унитарное предприятие «Институт НИПТиБ», Беларусь, г. Минск

Предложена классификация способов преобразования жилых зданий с последующей формализацией описания единовременных, текущих и суммарных затрат по каждому варианту преобразования. Описаны пути эффективного решения задачи поиска оптимальных вариантов преобразования жилых массивов.

В последнее десятилетие в Республике Беларусь в число приоритетных выдвинулась проблема комплексной реконструкции жилых массивов индустриального домостроения 60-70 гг. прошлого столетия.

Наработанный опыт в странах Центральной и Восточной Европы, в странах СНГ свидетельствует о том, что проблема комплексной реконструкции массовой жилой застройки 60-70 гг. прошлого столетия должна решаться с учетом гаммы факторов, характеризующих как физическое и моральное состояние жилой застройки, так и социально-экономическое, демографическое, климатические факторы, историческую ценность, плотностные показатели застройки и пр. То есть, фактически речь идет о преобразовании жилой застройки.

Комплекс мероприятий по преобразованию жилой застройки, прежде всего по устранению морального и физического износа зданий, приданию современных потребительских качеств старому жилью, созданию современной социальной и инженерно-транспортной инфраструктуры, возведению нового жилья на застроенных территориях должен разрабатываться и реализовываться при выполнении условия минимизации суммарных затрат на ремонтно-реконструктивные мероприятия, включая затраты на возведение нового жилого фонда (единовременные затраты) и эксплуатационных затрат (текущих). Для решения задачи выбора оптимального варианта преобразования жилого масси-

ва необхідна, в свою чергу, чітка класифікація способів преобразования житлових будівель з наступною формалізацією описання одночасних, поточних і суммарних витрат по кожному варіанту преобразования.

В таблиці 1 представлений розроблений довідник способів преобразования житлових будівель, який включає 19 груп.

Таблиця 1 — Довідник способів преобразования житлових будівель

Код	Найменування способів преобразования житлового будинку
1	Будівля не піддається ремонтно-реконструктивним впливам
2	Снос будівлі без подальшого преобразования
3	Капітальний ремонт будівлі
4	Реконструкція будівлі
5	Реконструкція будівлі з утепленням зовнішніх стін, перекриттів підвала і даху
6	Реконструкція будівлі з надбудовою мансарди
7	Реконструкція будівлі з утепленням зовнішніх стін, перекриттів підвала і (або) надбудовою мансарди і (або) нових поверхів, мансарди
8	Реконструкція будівлі з збільшенням ширини корпусу в одну сторону, утепленням торців, одного фасаду, перекриттів підвала і даху
9	Реконструкція будівлі з збільшенням ширини корпусу в одну сторону, утепленням торців, одного фасаду, перекриттів підвала і (або) надбудовою мансарди і (або) нових поверхів
10	Реконструкція будівлі з збільшенням ширини корпусу в обидві сторони, утепленням торців будівлі, перекриттів підвала і даху
11	Реконструкція будівлі з збільшенням ширини корпусу в обидві сторони, утепленням торців будівлі, перекриттів підвала і (або) надбудовою мансарди і (або) нових поверхів
12	Реконструкція будівлі з утепленням зовнішніх стін, перекриттів підвала, даху, пристройкою секцій
13	Реконструкція будівлі з утепленням зовнішніх стін, перекриттів підвала, пристройкою секцій і (або) надбудовою мансарди і (або) нових поверхів
14	Реконструкція будівлі з уширенням корпусу будівлі в одну сторону, достройкою секцій, утепленням торця, одного фасаду, перекриттів підвала і даху
15	Реконструкція будівлі з уширенням корпусу будівлі в одну сторону, достройкою секцій (мансарди) нових поверхів, утепленням торця, одного фасаду, перекриттів підвала
16	Реконструкція будівлі з уширенням корпусу в обидві сторони, достройкою секцій, утепленням одного торця, перекриттів підвала і даху
17	Реконструкція будівлі з уширенням корпусу в обидві сторони, достройкою секцій (мансарди) нових поверхів, утепленням одного торця, перекриттів підвала
18	Строительство нового будинку
19	Снос старого будинку і строительство нового будинку

Каждый способ преобразования жилого дома, за исключением первых двух может содержать ряд вариантов, состоящих из сочетаний различных воздействий.

Разработанные способы преобразования жилого дома позволяют формализовать задачу расчета прироста площадей зданий стоимости единовременных затрат стоимости текущих затрат, а также общей стоимости затрат, представить эти затраты в виде формул, где в качестве составляющих присутствуют параметры жилых домов и нормируемые стоимостные показатели (эксплуатационные, стоимость материалов и пр.), вид формул отражает типовой способ преобразования объекта.

На основании принятого положения был разработан классификатор способов преобразования жилых домов, который несет двойную нагрузку:

- во-первых, это перечень наименований способов преобразования;
- во-вторых, это перечень общих формул по расчету приращения площадей, стоимости единовременных затрат, стоимости текущих затрат и общей стоимости затрат по каждому способу.

Привязывая тот или иной способ к конкретному жилому дому, мы, тем самым, настраиваем расчетные формулы на проектно-технические параметры объекта, создавая таким образом связанную пару (объект, способ), которая считается допустимым способом для данного жилого дома. Таким образом, классификатор представляет собой перечень обезличенных (типовых) способов преобразования и общих формул расчета.

Используя разработанный классификатор, задачу поиска оптимального с точки зрения минимизации приведенных суммарных единовременных и текущих затрат возможно сформулировать в следующем виде.

Имеется произвольный жилой массив (микрорайон, часть микрорайона, поселок, районный центр и т.п.) с развитой инфраструктурой, который подлежит комплексному преобразованию. Под комплексным преобразованием понимается уплотнение застройки жилого массива за счет нового строительства, реконструкции эксплуатируемых зданий (надстройки новых этажей и мансард, уширения корпусов), модернизация инженерно-транспортной, социальной инфраструктуры и пр.

Обозначим через B множество эксплуатируемых и проектируемых жилых и общественных зданий, именуемых в дальнейшем объектами, которые в процессе комплексного преобразования (реконструкции) могут размещаться на территории рассматриваемого жилого массива.

Упорядочим (пронумеруем) произвольным способом объекты из множества B и обозначим их через b_1, b_2, \dots, b_n .

Тогда множество B будет иметь вид:

$$B = \{b_1, b_2, \dots, b_i, b_n\} = \{b_i\},$$

где $i = \overline{1, n}$ и где i — переменный индекс, пробегающий все значения из интервала целых чисел $[1, n]$, при этом $n \geq i$.

Будем называть размером множества B и обозначать его через $\|B\|$ величину, равную количеству входящих в него элементов, т.е. $\|B\| = n$.

Обозначим через S максимальное множество всех способов, которыми можно реконструировать объекты B . Упорядочим все эти способы определенным образом и обозначим их через $s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_m$.

Тогда

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_m\} = \{s_j\},$$

где $j = \overline{1, m}$. Величину множества S обозначим через $\|S\|$.

Для сохранения общности задачи предполагается, что в состав множества S обязательно в качестве «специальных» способов входят такие, как «не подлежит преобразованию», «новое строительство», «снос», «снос и новое строительство».

В целях дальнейшей формализации введем известное в теории множеств понятие «декартово произведение». Пусть дана совокупность множеств D_1, D_2, \dots, D_k , (не обязательно различных). Декартовым произведением этих множеств (записывается как $D_1, \tau D_2, \tau \dots, \tau D_k$) является множество всех возможных упорядоченных кортежей (d_1, d_2, \dots, d_k) , такое, что d_1 принадлежит D_1, d_2 принадлежит D_2, \dots, d_k принадлежит D_k . Нетрудно видеть, что общее количество таких кортежей равно произведению величин множеств, составляющих декартово произведение, то есть равенство 1.

$$\|D_1 \times D_2 \times \dots \times D_k\| = \|D_1\| \cdot \|D_2\| \cdot \dots \cdot \|D_k\| = \prod_{l=1}^k \|D_l\| \quad (1)$$

Если для каждого объекта b_1 из B можно поставить в соответствие подмножество C_i^* из S , которое состоит из допустимых для данного объекта способов его реконструкции, т.е. для объекта b_1 допустимым подмножеством будет C_1^* , то объекта b_2 допустимым подмножеством будет C_2^* , то объекта b_2 допустимым подмножеством будет C_2^* , ..., для объекта b_n допустимым подмножеством будет C_n^* , при этом

$$m_i = \|C_i^*\| \geq \|S\| = m$$

для $i = \overline{1, n}$, где m_i — количество допустимых способов преобразования объекта b_1 . Вопрос допустимости того или иного способа из S для каждого объекта из B должен решаться проектировщиком и архитектором на этапе перспективного планирования развития жилого массива.

В частности, если $\|C_i^*\| = \|S\|$ для всех $i = \overline{1, n}$, то для каждого объекта из B допустимым подмножеством будет являться само множество, построенное путем присоединения всех способов из множества $S_k b_i$.

Обозначим через $c_i (i = \overline{1, n})$ переменную, принимающую свои значения из множества C_i^* , тогда упорядоченный кортеж или вектор $(c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_n)$ при каждом конкретном значении переменных $c_1 \in C_1^*, c_2 \in C_2^*, \dots, c_i \in C_i^*, \dots, c_n \in C_n^*$ будет представлять собой вариант комплексного преобразования рассматриваемого жилого массива. Если каждая переменная $c_i (i = \overline{1, n})$ будет пробегать все множество своих значений C_i^* , то вектор $w = (c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_n)$ будет пробегать все множество $W (w \in W)$, которое представляет собой декартово произведение

$$W = C_1^* \times C_2^* \times \dots \times C_i^* \times \dots \times C_n^*.$$

Тогда согласно формуле (1) величина множества W будет равна:

$$\|W\| = \prod_{i=1}^n \|C_i\| = \prod_{i=1}^n m_i \quad (2)$$

Другими словами, общее количество $\|W\|$ вариантов преобразования жилого массива из n объектов равна произведению количества допустимых способов реконструкции по каждому объекту, т.е.

$$\|W\| = m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_i \cdot \dots \cdot m_n.$$

В частности, если $C_i^* = S$ для каждого $i = \overline{1, n}$, то

$$\|W\| = \begin{matrix} \blacktriangledown & \blacktriangleright & \blacktriangleleft & \blacktriangleright & \blacktriangleright \\ m \cdot m \cdot \dots \cdot m = m^n \end{matrix}$$

Построим следующие отображения декартова произведения W в интервале $[0, +\infty]$.

$$\begin{aligned} F : W \ni w &\xrightarrow{F} F(w) = \\ &= Z(c_1) + Z(c_2) + \dots + Z(c_n) \in [0, +\infty], \end{aligned} \quad (3)$$

где $w = (c_1, c_2, \dots, c_n)$, $Z(c_i)$ — общая стоимость преобразования объекта b_l способом, определяемым конкретным значением переменной $c_i \in C_i^*$. Отображение $F(w) = Z(c_1) + Z(c_2) + \dots + Z(c_n)$ устанавливает связь между вариантами преобразования w и их общей стоимостью $F(w)$ затрат на преобразование всей территории застройки.

$$\begin{aligned} \mathring{F} : W \ni w &\xrightarrow{\mathring{F}} \mathring{F}(w) = \\ &= \mathring{Z}(c_1) + \mathring{Z}(c_2) + \dots + \mathring{Z}(c_n) \in [0, +\infty], \end{aligned} \quad (4)$$

где $\overset{\circ}{Z}(c_i)$ — единовременные затраты на преобразование объекта b_I способом $c_i \in C_i^*$, а отображение $\overset{\circ}{F}(w)$ устанавливает связь между вариантами преобразования и единовременными затратами.

$$\begin{aligned} \overset{*}{F} : W \ni w &\xrightarrow{\overset{*}{F}} \overset{*}{F}(w) = \\ &= \overset{*}{Z}(c_1) + \overset{*}{Z}(c_2) + \dots + \overset{*}{Z}(c_n) \in [0, +\infty], \end{aligned} \quad (5)$$

где $\overset{*}{F}(c_i)$ — суммарные текущие затраты за весь нормативный период эксплуатации объекта b_I , преобразованного способом $c_i \in C_i^*$, а отображение $\overset{*}{F}(w)$ устанавливает связь между вариантами преобразования и текущими издержками.

$$\begin{aligned} \overset{+}{F} : W \ni w &\xrightarrow{\overset{+}{F}} \overset{+}{F}(w) = \\ &= \overset{+}{Z}(c_1) + \overset{+}{Z}(c_2) + \dots + \overset{+}{Z}(c_n) \in [0, \infty], \end{aligned} \quad (6)$$

где $\overset{+}{Z}(c_i)$ — приращение общей площади объекта b_I , в процессе преобразования его способом $c_i \in C_i^*$, а отображение $\overset{+}{F}(w)$ устанавливает связь между вариантами преобразования и приростом площадей.

Если обозначить через P подмножество вариантов из W , которое не противоречит требованиям противопожарной безопасности, т.е. $P \subset W$, а через L подмножество вариантов из W , которое не противоречит требованиям по инсоляции объектов, то их пересечение $(P \cap L) \subset W$ означает перечень вариантов, при которых одновременно соблюдаются требования по противопожарной безопасности и требования по инсоляции.

Оптимальным вариантом комплексного преобразования w^0 из множества $P \cap L$ будет вариант, при котором общая стоимость комплексного пре-

образования будет минимальной, т.е. $F(w^e) = \min F(w)$ при условии, что прирост общей (жилой) площади будет не менее заданной величины

$$\|F^+\|' \text{ и не более } \|F^+\|'', \text{ т.е. } \|F^+\|' \leq F(w) \leq \|F^+\|''.$$

В развернутом виде эту задачу можно представить следующей оптимизационной математической моделью (7).

$$\left\{ \begin{array}{l} Z(c_1) + Z(c_2) + \dots + Z(c_n) \rightarrow \min \text{ при условии, что} \\ (c_1, c_2, \dots, c_n) \in P \cap L \text{ и} \\ \|F^+\| \geq (c_1, c_2, \dots, c_n) = Z^+(c_1) + Z^+(c_2) + \dots + Z^+(c_n) \geq \|F^+\| \\ \text{где } Z(c_i) \text{ — общая стоимость преобразования объекта } b_l \text{ способом} \\ c_i \in C_i^*, \text{ взятая из таблицы стоимостей реконструкции } Z; \\ Z^+(c_i) \text{ — прирост общей площади на объекте } b_l, \text{ взятый из таблицы } Z^+; \\ \|F^+\|' \text{ и } \|F^+\|'' \text{ — соответственно заданный нижний и верхний суммарный по-} \\ \text{рог увеличения общей (жилой) площади на всей территории жилой застройки.} \end{array} \right.$$

Таким образом, выражение (7) есть обобщенная математическая модель формирования оптимального плана реконструкции жилого массива по критерию минимума одновременных затрат и текущих затрат при ограничениях прироста общей (жилой) площади по жилому массиву.

Классификатор способов преобразования жилых домов, а также разработанные на основе представленной математической модели алгоритм и программа для ЭВМ позволяет достаточно эффективно решать задачи поиска оптимальных вариантов преобразования жилых массивов.

Представленный метод был применен при разработке комплексных программ реконструкции жилых кварталов пятиэтажной застройки в г.Минске.