

УДК 69.059.7

## ПРИМЕНЕНИЕ КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ АРОК И РАМ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ МАНСАРД ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

*канд. техн. наук, доц. Р.М. ПЛАТОНОВА, К.А. МАРКЕЛОВ*

*(Полоцкий государственный университет),*

*А.Л. ФРИДРИХ*

*(ОАО «Строительно-монтажный трест №16», Новополоцк)*

*Рассмотрены различные конструктивные формы мансардных крыши. Определены технико-экономические показатели клееных деревянных арок и рам с учетом особенностей технологии их изготовления. Предложен наиболее экономичный вариант покрытия с применением треугольных клееных деревянных арок для покрытия мансард.*

Наряду со строительством новых жилых и общественных зданий в настоящее время в Республике Беларусь широко ведётся реконструкция существующих.

Реконструкция объекта, как правило, является частью реконструкции городского района, жилого массива, квартала исторического ядра города, вызванная совершенствованием комплекса социально-бытовых и культурных учреждений города.

Реконструкция зданий включает в себя ряд мероприятий по переустройству их объёмно-планировочного и конструктивного решения:

- перепланировку помещений;
- усиление, частичную разборку или замену конструкций;
- надстройку;
- пристройку;
- улучшение состояния фасадов здания;
- формирование современных интерьеров помещений [1].

При этом реконструкция должна носить комплексный характер с учётом требований по перспективному развитию города, отдельного квартала или объекта.

Недоучет каких-либо градостроительных, функциональных, социально-демографических или инженерно-конструктивных требований может привести к тому, что реконструируемый объект быстро выйдет из строя и его нельзя будет подвергнуть дальнейшему совершенствованию, и в итоге он будет подлежать сносу.

Реконструкция гражданских зданий включает мероприятия, направленные на снижение физического и морального износа (усиление или частичная разборка и замена конструкций, перепланировка помещений, улучшение состояния фасадов здания, надстройка или пристройка и др.) [1].

Надстройка и пристройка относится к особым видам реконструкционных работ.

Наиболее сложный из них - надстройка (повышение этажности дома или его частей). Надстройка связана с тщательным обследованием конструкций зданий (стен, фундаментов и др.), так как на них будет приложена новая нагрузка.

Проводятся расчёты на новую нагрузку, и с её учётом вновь анализируется возможность надстройки здания.

Надстройка позволяет увеличить полезную площадь зданий без уплотнения площади застройки. Особенно это важно при реконструкции центральных районов городов, где земля ценится не только с точки зрения престижности, но и стоимости аренды.

В практике надстройки зданий можно выделить три варианта устройства:

- устройство мансард (самое безболезненное изменение здания);
- собственно надстройка (надстройка нескольких этажей на существующих конструкциях или автономных);
- надстройка небольших помещений на части эксплуатируемой крыше рекреационного пространства, позволяющего создавать места для досуга на свежем воздухе (оно как бы расширяет придомовые участки, что важно в условиях плотно застроенных территорий).

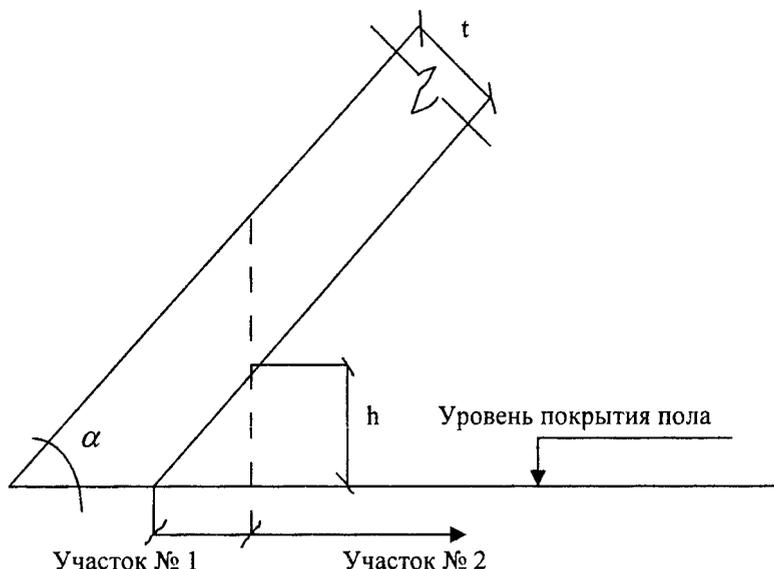
Наибольший интерес представляет собой надстройка с устройством мансард при реконструкции гражданских зданий, так как позволяет получить дополнительные площади без крупных материально-технических затрат.

Другой стимул для их применения - эстетический. Сформировалась определённая «эстетическая усталость» от складывающегося однообразного силуэта массовой застройки зданиями с плоскими крышами.

Мансарды - 1 ...3 этажа жилых или рабочих помещений, размещённых в чердачном пространстве, фасад которых полностью или частично образован поверхностями наклонной или ломаной крыши.

Общим признаком мансарды является крутой уклон скатов для увеличения пространства, расположенных в ней помещений. При ломаной форме крыши ее нижней части придают крутой уклон (60...70°), а верхней - пологий (15...30°). Наружные ограждения мансард могут быть полностью утепленными либо только в границах отапливаемых помещений с устройством в последних наклонных, ломаных или плоских потолков [2].

Высота жилых помещений в чистоте принимается не менее 2,5 м. В жилую площадь в соответствии с п. 4.4 Пособия к строительным нормам и правилам III-9 могут засчитываться и участки помещений с меньшей площадью [3]. Их величина нормируется в зависимости от уклона кровли (рисунок, табл. 1).



Расчёт площади помещений мансардного этажа:  
 участок № 1 - нежилая площадь (не включается в расчет площади помещения);  
 участок № 2 - жилая площадь (включается в расчет площади помещения);  
 t - толщина ограждения;  $\alpha$  - угол наклона кровли к горизонту; h - высота до наклонного потолка

Таблица 1

К расчету площади помещений мансардного этажа.

| Наклон кровли к горизонту<br>( $\alpha$ , градусы) | Высота<br>до наклонного потолка h, м | Минимальная высота<br>стены, м |
|--|--------------------------------------|--------------------------------|
| 30   | 1,5                                  | 1,2                            |
| 45   | 1,1                                  | 0,8                            |
| $\geq 60$  | 0,5                                  | Не ограничивается              |

При промежуточных значениях высота определяется по интерполяции. Площадь помещения с меньшей высотой следует учитывать в общей площади с коэффициентом 0,7. При этом минимальная высота стены должна быть 1,2 м при наклоне потолка 30°; 0,8 м при наклоне потолка 45°; не ограничивается при наклоне 60° и более.

В 1950 - 1970 годах в СССР было построено значительное число домов с плоскими крышами, общая площадь которых составляет многие миллионы квадратных метров. Эти дома являются огромным резервом территорий, пригодных для строительства надстроек и мансард.

Существующие в настоящее время конструкции мансард и их геометрические формы разнообразны [2].

Применяемые конструкции мансард могут быть выполнены из стали, дерева, железобетона или комбинированными. Выбор того или иного типа конструкций мансард зависит от уровня капитальности здания и соответствующей ему степени огнестойкости.

*Рассмотрим мансарды с применением несущих деревянных конструкций.*

Применение деревянных конструкций мансард согласуется со степенью огнестойкости здания. Деревянные конструкции при этом должны быть защищены антисептиками и антипиренами, а пространство мансард посекционно расчленено брандмауэрами.

Для выбора наиболее эффективного типа несущих деревянных конструкций мансард предлагаются следующие варианты:

- треугольная клееная деревянная арка, состоящая из двух одинаковых прямых полуарок, смыкающихся в коньковом шарнире под углом (табл. 2);
- стрельчатая клееная деревянная арка, состоящая из двух полуарок кругового очертания осей, стыкующихся под углом в коньковом шарнире;
- гнuto-клееная деревянная рама, состоящая из двух полурам Г-образной формы прямоугольного переменного по высоте сечения, изогнутых при изготовлении в зоне будущего карниза;
- клееная деревянная рама, состоящая из двух полурам Г-образной формы (состоит из двух прямых элементов - стойки и полуригеля с переменными по высоте сечениями) с зубчатым соединением в карнизном узле.

Таблица 2

Основные параметры арок и рам

| № варианта | Наименование конструкции   | Пролёт, $l$ , м | Стрела подъёма, $f$ , м | Толщина пиломатериала, $\delta_1$ , мм | Толщина досок после фрезерования, $\delta_0$ , мм | Высота поперечного сечения, $h$ ( $h_2$ ), мм | Ширина поперечного сечения, $b$ , мм | Радиус кривизны, $r$ , мм |
|------------|--|-----------------|-------------------------|--|---|---|--------------------------------------|---------------------------|
| 1          | Треугольная клееная деревянная арка  | 12000           | 6000                    | 40                                     | 33  | 297   | 90                                   | 0                         |
| 2          | Стрельчатая клееная деревянная арка  | 12000           | 6000                    | 32                                     | 25  | 300   | 115                                  | 13210                     |
| 3          | Гнuto-клееная деревянная рама:<br>$h_0 = 315$ мм – сечение на опоре;<br>$h_k = 195$ мм – сечение в коньке  | 12000           | 6000                    | 22                                     | 15  | 405   | 115                                  | 3000                      |
| 4          | Клееная деревянная рама из прямолинейных элементов с зубчатым соединением в карнизном узле;<br>$h_0 = 297$ мм – сечение на опоре;<br>$h_k = 231$ мм – сечение в коньке | 12000           | 6000                    | 40                                     | 33  | 693   | 115                                  | 0                         |

Все конструкции в табл. 2 рассчитаны для второго района по весу снегового покрова и первого ветрового района. Приняты следующие равномерно распределённые нагрузки: от собственного веса покрытия и несущей конструкции  $q = 1,673$  кН/м, снеговая нагрузка  $S = 3,36$  кН/м. Шаг основных несущих конструкций - 3,0 м; кровля утеплённая (металлочерепица) с уклоном  $i = 1:4$ .

По методике определения технико-экономических показателей деревянных конструкций В.С. Сарычева, А.В. Калугина [4, 5] были рассчитаны показатели материалоемкости и трудоёмкости изготовления арок и рам на одну конструкцию (табл. 3).

Расход пиломатериалов определяем по формуле:

$$V_n = k_0 \cdot V_g = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot V_g', \quad (1)$$

где  $k_0$  – суммарный коэффициент отходов пиломатериалов;  $V_g$  – объем конструкции «в деле»,  $m^3$ ;  $k_1, k_2, \dots, k_6$  – коэффициенты, учитывающие отходы соответственно: при раскросе пиломатериалов на черновые заготовки; сращивании их по длине, острожке поверхностей, склеивании по ширине, острожке боковых поверхностей заготовочного блока; окончательной обработке заготовочных блоков – торцовке и опилровке их по шаблону.

Расход клея для многослойных конструкций определяем по формуле:

$$P_k = k_n [P_1 + P_2 \cdot k_3 + \alpha_4 \cdot k_3 \cdot (P_2 + P_3)] \cdot V_{g, \delta}, \quad (2)$$

$$P_k = k_n [g_1 / \delta_0 + \beta_i g_2 / l_3 \cdot k_3' + \alpha_w k_3 (\beta_i \cdot g_2 / l_3 + g_3 \cdot n_w / b_n)] \cdot k_3 \cdot k_6 \cdot V_g,$$

где  $k_n = 1,05$  – коэффициент, учитывающий потери клея;  $k'_3$  – коэффициент, учитывающий отходы при острожке досок после калибровки;  $g_1, g_2, g_3$  – суммарный удельный расход клея, соответственно на пласти заготовок, зубчатые шипы, кромки заготовок;  $\beta$  – коэффициент, зависящий от параметров зубчатого шипа;  $n_{ш}$  – среднее количество вертикальных швов по ширине сечения;  $\alpha_{ш}$  – коэффициент, зависящий от доли заготовок, склеенных по ширине.

Таблица 3

Показатели материалоемкости и трудоёмкости изготовления арок и рам на одну конструкцию

| Технико-экономические показатели  | Единицы измерения | Наименование конструкции            |                                     |                               |  |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--|
|                                   |                   | Треугольная клееная деревянная арка | Стрельчатая клееная деревянная арка | Гнuto-клееная деревянная рама | Клееная деревянная рама из прямолинейных элементов |
| Расход пиломатериалов, $V_n$      | м <sup>3</sup>    | 0,717                               | 0,973                               | 1,108                         | 1,530  |
| Объем конструкции «в деле», $V_g$ | м <sup>3</sup>    | 0,454                               | 0,596                               | 0,592                         | 0,971  |
| Коэффициент отходов, $K_o$        | –                 | 1,579                               | 1,632                               | 1,871                         | 1,576  |
| Расход клея, $P_k$                | кг                | 7,24                                | 12,00                               | 18,70                         | 16,64  |
| Трудоёмкость изготовления, $T_u$  | чел.-ч            | 6,04                                | 8,40                                | 12,10                         | 14,42  |
| Масса конструкции, $G$            | кг                | 227                                 | 298                                 | 296                           | 485,5  |

При определении расхода клея по формуле (4) [5] необходимо дополнительно учитывать расход клея на зубчатый стык при соединении ригеля и стойки рамы по формуле:

$$P_4 \approx 1,2 \cdot V_g, \tag{3}$$

Для изготовления арок принят резорциновый клей марки ФР-12 в соответствии с требованиями СНБ 5.05.01-2000 [6].

Трудоёмкость изготовления арок определяется по формуле:

$$T_u = k_2[(t_k + t_3 + \alpha_{ш} \cdot t_{ш} + t_{шк})L_1 + (k_n t_n + k_0 t_0)V_{зб} + k_0 \cdot t_{ок} \cdot F_{ок} + t_{мп} \cdot V_{зб} + t_k \cdot P_{кл} + t_{сб} + \sum t_i], \tag{4}$$

где  $t_k \dots t_i$  – затраты труда основных производственных рабочих, чел.-ч;  $L_1$  – обща длина слоев в объеме заготовочного блока;  $k_n, k_0, k_{ок}$  – коэффициенты, учитывающие увеличение трудоёмкости;  $k_n = k_0 = k_{ок} = 1$  – для прямолинейных конструкций (треугольные арки, рамы из прямолинейных элементов);  $k_n = 1,5, k_0 = 1,5, k_{ок} = 1,2$  – для криволинейных и гнuto-клееных конструкций (арки стрельчатые и гнuto-клееные рамы);  $V_{зб}$  – объём заготовочного блока.

Трудоёмкость изготовления определяем по [5, формула (9)] с учетом трудоёмкости сборки полурам с зубчатым соединением в карнизном узле по формуле:

$$t_{сб} = a + b \cdot V_g, \tag{5}$$

где  $a = 1,2$  чел.-ч;  $b = 1$  чел.-ч/м<sup>3</sup> от объема конструкции «в деле».

Из таблицы 3 видно, что наиболее экономичной конструкцией является треугольная клееная деревянная арка, так как для нее соответственно ниже (по сравнению с наиболее экономичной из рам - гнuto-клееной): расход пиломатериалов на 35,3 %, расход клея на 61,3 %, трудоёмкость изготовления на 50 %, масса конструкции на 23,3 %.

Известно, что при устройстве покрытий мансард треугольного очертания образуются «мертвые зоны», недоступные для подхода людей, поэтому их не включают в расчет жилой площади помещений (см. рисунок, табл. 1).

С учетом этого определим для каждой из указанных в табл. 1 конструкций показатели материалоемкости и трудоёмкости изготовления на один квадратный метр жилой площади. Примем условно размеры здания (длина/ширину) 12х21 м (табл. 4). При этом количество рам и арок при шаге 3 м будет - 8.

Таким образом, треугольная клееная деревянная арка даже с учетом исключения из жилой площади «мертвых зон» остается самой экономичной конструкцией из указанных в табл. 4. Кроме того, эффек-

тивность применения треугольных деревянных арок может быть повышена за счет устройства квартир в 2-х уровнях, так как ее высота в коньке ( $f=6$  м) позволяет это сделать. Следовательно, увеличится жилая площадь, и уменьшатся технико-экономические показатели арок.

Таблица 4

Показатели материалоемкости и трудоемкости изготовления арок и рам на один квадратный метр жилой площади

| Наименование конструкции                           | Размер жилой площади, м <sup>2</sup> | Технико-экономические показатели на 1 кв. метр жилой площади |                                 |                     |                         |       |
|--|--------------------------------------|--|---------------------------------|---------------------|-------------------------|-------|
|  |                                      | V <sub>л</sub> , м <sup>3</sup>                              | V <sub>г</sub> , м <sup>3</sup> | P <sub>к</sub> , кг | T <sub>ц</sub> , чел.-ч | G, кг |
| Треугольная клееная деревянная арка                | 193,2                                | 0,0297   | 0,0188                          | 0,300               | 0,250                   | 9,40  |
| Стрельчатая клееная деревянная арка                | 194,3                                | 0,0401   | 0,0245                          | 0,494               | 0,346                   | 12,27 |
| Гнуто-клееная деревянная рама                      | 238,8                                | 0,0371   | 0,0198                          | 0,627               | 0,405                   | 9,92  |
| Клееная деревянная рама из прямолинейных элементов | 239,5                                | 0,0511   | 0,0324                          | 0,556               | 0,482                   | 16,22 |

Это подтверждается также исследованиями, проведенными В.А. Матчаном [7], где выполнен анализ клееных деревянных арок сегментного, стрельчатого и треугольного очертаний. Установлено, что наиболее эффективные конструктивные решения арок получаются при максимальном радиусе кривизны полуарок, т.е. при применении арок треугольного очертания. Это объясняется меньшей трудоемкостью и стоимостью изготовления прямолинейных элементов деревянных арок треугольного очертания в отличие от криволинейных элементов арок стрельчатого и кругового очертаний - меньшие сечения прогонов вследствие небольшой снеговой нагрузки на покрытие; отсутствие снеговой нагрузки, распределенной по закону треугольника.

Кроме того, для арок треугольного очертания автор рекомендует применять пиломатериал второго сорта или комбинации второго и третьего сортов, что наиболее экономически эффективнее по сравнению с комбинацией первого и второго сортов.

Следовательно, для устройства мансард при реконструкции зданий наиболее эффективными являются арки треугольного очертания.

Полученные результаты не исключают, однако, применение и стрельчатых арок для устройства мансард при реконструкции зданий, так как помимо фактора увеличения площади помещений есть и другой, как отмечают авторы [8], - создание выразительного завершения мансарды стрельчатого очертания. В свою очередь, повысить эффективность рам можно также за счет устройства квартир в 2-х уровнях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Травин В.И. Капитальный ремонт и реконструкция жилых и общественных зданий: Учеб. пособие для архитектурной и строительной специальностей вузов. - Ростов н/Д: Феникс, 2004. - 256 с.
2. Маклакова Т.Г., Нанасова С.М. Конструкции гражданских зданий: Учебник. - М.: АСВ, 2004. - 296 с.
3. Пособие к строительным нормам и правилам СП-99 к СНиП 2.08.01-89. Проектирование и строительство мансард. - Мн.: Изд-во Минстройархитектуры Республики Беларусь. - 2004. - 18 с.
4. Сарычев В.С., Калугин А.В. Методические рекомендации по технико-экономической оценке клееных деревянных конструкций. - М., 1981. - 82 с. - Деп. в ВНИИИС, № 2718.
5. Платонова Р.М., Галушкова Л.Н. Определение технико-экономических показателей различных типов деревянных конструкций. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию по курсу «Конструкции из дерева и пластмасс» для студ. спец. 2903 дневной и заочной форм обучения. - Новополоцк, 1994. - 23 с.
6. СНБ 5.05.01-2000. Деревянные конструкции. - Мн.: Изд-во Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2001. - 70 с.
7. Сарычев В.С., Калугин А.В. Методические рекомендации по технико-экономической оценке клееных деревянных конструкций. - М., 1981. - 82 с. - Деп. в ВНИИИС, № 2718.
8. Титов А.Н., Васильев А.В. Применение стрельчатых арок для устройства мансард при реконструкции зданий // Труды молодых специалистов Полоцкого гос. ун-та. Вып. 3. Прикладные науки. - 2004.-С. 41 -43.