

УДК 624.11.01

**ПРИМЕНЕНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ ОДНОСКАТНЫХ БАЛОК
ДЛЯ ПОКРЫТИЙ НАДСТРОЕК РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ****канд. техн. наук, доц. Р.М. ПЛАТОНОВА, А.Л. ФРИДРИХ, К.А. МАРКЕЛОВ
(Полоцкий государственный университет)**

С учетом особенностей технологии изготовления определены технико-экономические показатели клееных деревянных армированных и неармированных односкатных балок. Предложены наиболее экономичные варианты балок различных пролетов для устройства покрытий надстроек реконструируемых гражданских зданий.

Актуальность темы надстройки мансардных этажей над существующими зданиями для условий Республики Беларусь не вызывает сомнения у специалистов. Преимущества этого строительства широко известны. Надстройка мансардных этажей позволяет получить дополнительно жилую площадь без уплотнения существующей застройки. Это прекрасный шанс для создания новой, более эстетичной и гармоничной градостроительной среды, и, наконец, одно из средств для решения проблемы так называемого «социального жилья». Зарубежный опыт показывает, что возведение мансардных этажей в подавляющем большинстве случаев оказывается более дешевым и экономичным решением, чем получение дополнительных жилых площадей за счет строительства новых зданий. Это объясняется целым рядом причин: мансардное строительство исключает затраты на «нулевой цикл», подводку инженерных коммуникаций, благоустройство прилегающей территории и т.д. Конечно, стоимость строительства мансардного жилья зависит от многих факторов: планировочного и конструктивно-технического решения надстраиваемых этажей, использованных материалов и конструкций, затрат на оплату труда задействованных специалистов и др. Поэтому говорить о каких-то общих стоимостных показателях этого вида строительства довольно сложно – каждый конкретный проект имеет свои особенности. Но одну цифру, дающую наглядное представление об экономических преимуществах мансардного строительства, все же стоит привести. Как правило, мансардное жилье оказывается дешевле жилья в новых построенных зданиях примерно на 20 % [1].

Сегодня в Республике Беларусь все большее распространение получает надстройка мансардных этажей. Чердачное пространство используют под жилье и офисы, причем не только при возведении новых коттеджей и многоэтажных жилых домов, но и при реконструкции существующих зданий (как исторических, так и домов первых массовых серий).

Для устройства мансард и надстроек при реконструкции гражданских зданий возможно применение клееных деревянных конструкций (КДК).

Это связано с тем, что КДК обладают достаточно высокой относительной прочностью, т.е. высокой прочностью при небольшом весе. Конструкции из КДК в пять раз легче железобетонных, что позволяет существенно снизить расход бетона на фундаменты. Для сравнения, вес 1 м³ древесины – примерно 500 кг, бетона – около 2500 кг. Этот показатель делает КДК более эффективными в сравнении с железобетонными и стальными конструкциями при увеличении пролета. Небольшой вес КДК позволяет производить монтаж небольших конструкций без применения тяжелых грузоподъемных механизмов. Это особенно важно при реконструкции зданий путем надстройки мансардных этажей.

В мансардном строительстве КДК оказываются наиболее эффективными благодаря целому ряду особенностей, которые должны быть использованы при проектировании. Одной из них является возможность сборки каркаса мансарды вручную или с помощью простейших механизмов: лебедок, талей и т.п. При этом вес элементов не превышает 100...130 кг. Такие элементы позволяют перекрывать пролеты до 12...15 м и более. Кроме того, обеспечивается высокое качество поверхностей КДК, чтобы они были обязательно открытыми в интерьере помещений мансарды [2].

Применение эффективных типов клееных деревянных конструкций зависит от ряда факторов. Важны здесь не только качество и долговечность конструкций, но и объективный подход к оценке областей и конструктивных форм их использования. Большая роль в этом принадлежит проектным организациям. Они должны закладывать в проекты вновь строящихся и реконструируемых зданий рациональные объемно-планировочные решения, эффективные конструкции, шире использовать достижения науки, техники и передового отечественного и зарубежного опыта.

К сожалению, проектировщики не всегда являются инициаторами внедрения в строительство прогрессивных конструкций, технологических процессов и оборудования, недостаточно используется имеющийся положительный опыт.

Совершенствование проектных решений – это важнейшее условие повышения эффективности капитальных вложений, снижения материалоемкости и трудозатрат в строительстве.

В связи с этим особую актуальность имеет выбор эффективных типов деревянных конструкций для устройства надстроек при реконструкции гражданских зданий.

С целью выбора наиболее эффективных типов деревянных балок для устройства покрытий надстроек показатели материалоемкости и трудоемкости изготовления определялись в соответствии с «Методическими рекомендациями по технико-экономической оценке несущих клееных деревянных конструкций» [3] и «Методикой определения трудоемкости изготовления новых типов деревянных конструкций» [4].

Клееные армированные и неармированные балки односкатных покрытий с рулонной кровлей можно проектировать под различные уклоны: 1:20, 1:30, 1:40. Конструирование и расчет балок осуществлялись по СНБ 5.05.01-2000 «Деревянные конструкции» [5]. Толщина склеиваемых слоев после фрезерования (δ_0) может быть 33 или 42 мм (при определенных условиях). Кроме того, расчетное сопротивление изгибу ($f_{m,d}$) в зависимости от толщины склеиваемых слоев при расчете клееных балок необходимо умножить на коэффициент условий работы (k_d). Для балок с толщиной слоя 33 мм коэффициент условий работы (k_d) равен 1; при толщине слоя 42 мм – 0,95.

С целью определения наиболее эффективной толщины слоя клееных балок был проведен сравнительный технико-экономический анализ балок при толщине 33 мм (балка № 1) и 42 мм (балка № 2). Клееные деревянные балки были запроектированы при расчетной нагрузке 12 кН/м и пролете 18 м.

Технико-экономические показатели балки № 1 (140×1419 мм) и балки № 2 (140×1470 мм) на 1 м² площади здания (при шаге балок 6 м) даны в таблице 1.

Таблица 1

Показатели материалоемкости и трудоемкости изготовления односкатных балок № 1 и № 2 на 1 м² площади здания

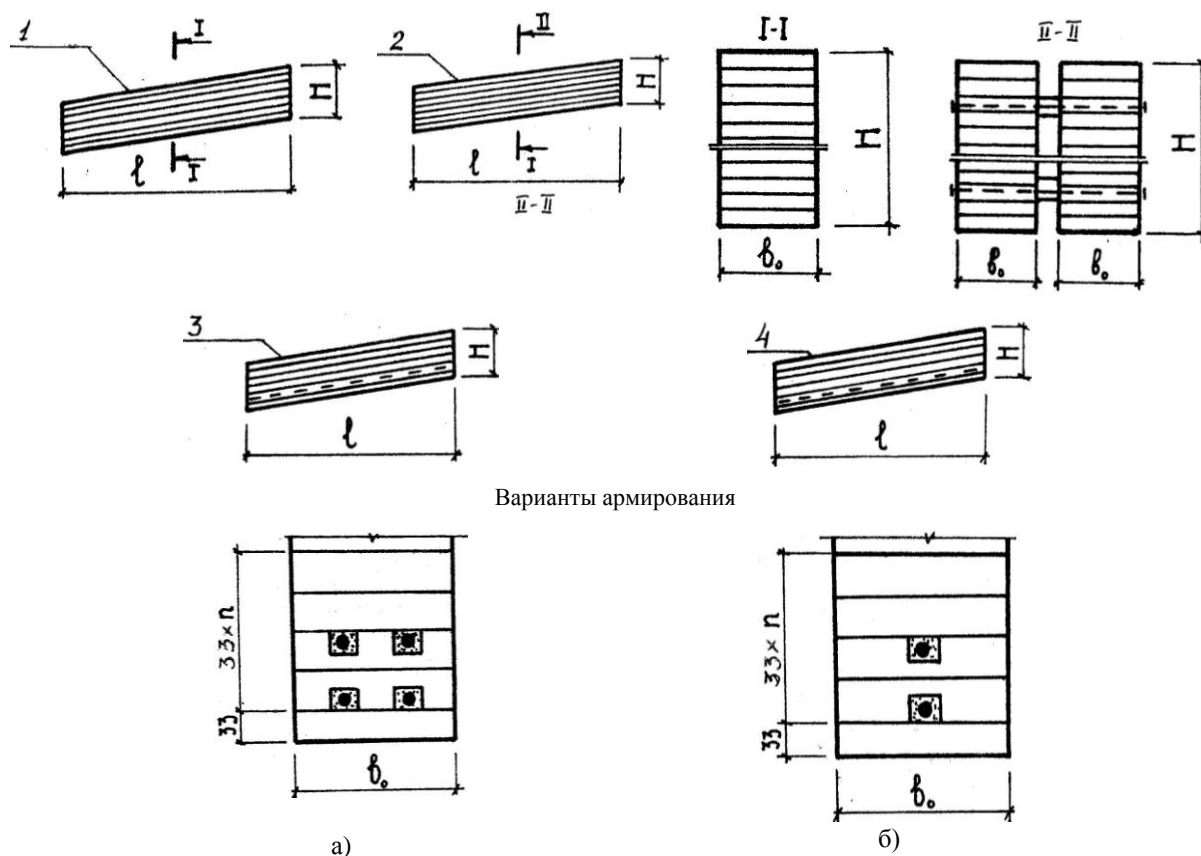
Наименование показателей	Единица измерения	Балка № 1	Балка № 2
Затраты труда основных производственных рабочих:			
	а) на монтаж	0,0150	0,0153
б) на изготовление	чел.-час	0,3730	0,3470
Расход основных материалов с учетом отходов:			
	а) пиломатериалы	0,0556	0,0556
	б) клей	0,5580	0,4610
	в) эмаль	0,0291	0,0295
Масса конструкции «в деле»	кг	17,960	18,560

Анализ данных, приведенных в таблице 1, позволяет отметить, что для балки № 1 (с толщиной слоя 33 мм) выше трудоемкость изготовления и расход клея, но меньше такие показатели, как расход пиломатериалов, эмали, масса конструкции и трудоемкость монтажа.

Схемы рассмотренных типов балок представлены на рисунке.

Ранее проведенные исследования [6] по изучению влияния толщины слоев на прочность и внутренние напряжения клееных элементов показали, что средняя величина растягивающих напряжений при толщине слоя 20 мм составляла 0,30 МПа, сжимающих – 0,22 МПа. При толщине слоев 40 мм растягивающие и сжимающие напряжения увеличиваются соответственно до 0,55 и 0,71 МПа. В этом же исследовании клееные элементы из слоев различной толщины подвергались испытаниям до разрушения на поперечный изгиб после их изготовления и после выдержки в течение 1,5 лет без нагрузок в нормальных температурно-влажностных условиях. Результаты испытаний показали, что влияние толщины слоев особенно проявляется после длительного хранения – элементы из тонких слоев были прочнее аналогичных элементов из толстых слоев.

Автор работы [6] отмечает, что толщина слоев особенно отражается на эксплуатационной прочности конструкций в тех случаях, когда конструкции изготавливаются с отклонениями от требуемых технологических режимов. Большая толщина слоев способствовала расслоению конструкций уже через 30 суток после изготовления. Только при тщательно организованном технологическом процессе изготовления клееных деревянных конструкций влияние толщины слоев проявляется не столь существенно. Особенно оно проявляется при действии на конструкцию переменных температурно-влажностных факторов. В наиболее неблагоприятных случаях, когда внутренние технологические напряжения суммируются с эксплуатационными, конструкции с толстыми слоями разрушаются во времени даже без приложения внешней нагрузки. Например, обследование более пятидесяти объектов показали, что при толщине слоев 40...46 мм многие конструкции имеют существенные расслоения. Конструкции из тонких слоев расслоений не имели [7]. Кроме того, при запрессовке конструкций с толщиной 40 мм и выше требуется большее давление, чем обычно рекомендуется при изготовлении КДК (0,3...0,5 МПа).



Схемы односкатных балок покрытий с рулонной кровлей; типы конструкций:
 1 – клееные неармированные одиночные балки; 2 – клееные неармированные спаренные балки;
 3 – клееные армированные одиночные балки (сечение I-I);
 4 – клееные армированные спаренные балки (сечение II-II, а и б – варианты армирования)

Учитывая опыт производства и эксплуатации клееных деревянных конструкций с толщиной слоев 40 мм и более, а также результаты проведенного выше сравнительного технико-экономического анализа, считаем наиболее эффективной толщину слоев 33 мм для прямолинейных элементов несущих КДК.

В таблице 2 даны показатели материалоемкости и трудоемкости изготовления клееных односкатных армированных и неармированных балок покрытий для различных пролетов и нагрузок.

Таблица 2

Показатели материалоемкости и трудоемкости изготовления односкатных балок на 1 м² площади здания

Погонная нагрузка, кН/м	Тип конструкции	Показатели по вариантам на 1 квадратный метр площади здания				
		Масса, кг	Расход стали, кг	Расход пиломатериалов, м ³	Трудоемкость изготовления, чел.-час	Трудоемкость монтажа, чел.-час
1	2	3	4	5	6	7
Пролет 12 м						
12	1	12,87	–	0,0418	0,295	0,0154
	3	11,68	1,44	0,0302	0,351	0,0146
15	1	15,95	–	0,0573	0,379	0,0170
	3	12,19	1,44	0,0318	0,381	0,1520
21	1	18,73	–	0,0679	0,474	0,0187
	3	14,94	1,44	0,0412	0,456	0,0164
24	1	20,24	–	0,0742	0,492	0,0197
	3	15,77	1,44	0,0427	0,477	0,0169

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
Пролет 18 м						
12	1	20,01	–	0,0621	0,448	0,0166
	3	17,38	1,44	0,0475	0,523	0,0149
15	1	23,32	–	0,0768	0,587	0,0184
	3	19,49	1,44	0,0538	0,582	0,0161
24	2	36,02	0,16	0,1100	0,945	0,0240
	4	35,50	3,01	0,0964	1,097	0,0246
Пролет 24 м						
12	1	28,59	–	0,0941	0,858	0,0203
	3	26,11	1,44	0,0731	0,775	0,0182
15	1	32,99	–	0,1210	1,079	0,0223
	3	29,14	2,14	0,0850	0,780	0,0198

Анализ расчетных показателей позволяет отметить, что эффективнее клееные армированные балки. Например, для клееной армированной балки типа 3 пролетом 18 м при погонной нагрузке 21 кН/м по сравнению с неармированными балками типа 1 меньше масса конструкции на 11,7 %, расход пиломатериалов на 29,8 %, трудоемкость изготовления на 27,7 %, трудоемкость монтажа на 11,2 %.

Однако цифры, характеризующие эффективность клееных армированных балок, необходимо уточнить после получения данных о трудоемкости их опытно-промышленного изготовления на предприятии по изготовлению клееных деревянных конструкций.

Одной из причин, объясняющих эффективность клееных армированных балок, является то, что при одинаковой несущей способности и жесткости они имеют сравнительно малую относительную высоту сечения (отношение высоты к пролету составляет 1/15...1/25 – для главных балок и 1/25...1/35 – для второстепенных балок), относительную ширину сечения (отношение расчетной ширины к высоте), составляющую не менее 1/6, а также меньшую массу и требуют меньшего расхода древесины, чем аналогичные неармированные.

Повысить эффективность клееных односкатных армированных балок можно:

- за счет армирования части балки – в зоне действия максимальных усилий – вместо армирования по всей длине, что приведет к сокращению расхода арматуры и дорогостоящего эпоксидного компаунда;
- применяя двойное симметричное армирование стержнями из горячекатаной арматурной стали периодического профиля (или стеклопластиковой арматуры) вместо одиночного армирования растянутой зоны, так как по данным [8] одиночное армирование более рационально для клееных двускатных балок;
- за счет использования пиломатериалов 2 и 3 сорта (в рассмотренных балках применены пиломатериалы 1 и 2 сорта);
- за счет оптимизации параметров балок с учетом действующих нормативных документов и методики определения технико-экономических показателей деревянных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.archisafe.com/project3.shtml>.
2. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://asa.minsk.by/abw/арxiv/350/v-garag3.htm>
3. Сарычев В.С., Калугин А.В. Методические рекомендации по технико-экономической оценке клееных деревянных конструкций. – М.: Рук. деп. по ВНИИИС. – № 2718, 1981. – 82 с.
4. Сарычев В.С., Иванова Р.М. Методика определения трудоемкости изготовления новых типов деревянных конструкций / МИСИ В.В. Куйбышева. – ВНИИИС. – № 5066, 1984. – 20 с.
5. СНБ 5.05.01-2000. Деревянные конструкции. – Мн.: Изд-во Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2001. – 70 с.
6. Кувшинов А.П., Славик Ю.Ю. Учет толщины слоев при расчете деревянных клееных конструкций. – Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1977. – № 5. – С. 22 – 26.
7. Ковальчук Л.М. Производство деревянных клееных конструкций. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 216 с.
8. Щуко В.Ю. Облегченные армированные деревянные конструкции для сельскохозяйственных производственных и складских зданий: Учеб. пособие. – Владимир: Изд. ВПИ, 1982. – 96 с.