

УДК 728:624.011

ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ МАССЫ ЗДАНИЙ

канд. техн. наук, доц. Р.М. ПЛАТОНОВА, М.А. ПЛАТОНОВА
(Полоцкий государственный университет)

Рассмотрены проблемы снижения массы вновь возводимых и реконструируемых жилых и общественных зданий. Предлагается решение этой проблемы – применение в покрытиях гражданских зданий наиболее распространенных типов плит покрытий на деревянном каркасе.

Проанализированы достоинства и недостатки плит покрытий с обшивками, выполненными из фанеры, асбестоцемента и материалов на основе отходов или переработки древесины (цементно-стружечные, древесноволокнистые) с несущими продольными ребрами из древесины и фанеры (прямоугольного, двутаврового, швеллерного и коробчатого сечений). Представлен их сравнительный технико-экономический анализ по методике, учитывающей специфику изготовления несущих и ограждающих деревянных конструкций покрытий. Даны рекомендации по применению наиболее эффективных конструкций плит, имеющих наилучшие показатели материалоемкости, трудоемкости изготовления и небольшую массу.

Введение. Снижение массы зданий – один из резервов повышения эффективности капитальных вложений. Эта проблема является комплексной, включающей разработку рациональных архитектурно-планировочных и конструктивных решений зданий, выбор наиболее эффективных материалов и конструкций.

Основные направления снижения материалоемкости тесно связаны с повышением качества исходных материалов, совершенствованием конструктивных решений и технологии строительного производства, сокращением удельных расходов материальных ресурсов, использованием отходов основного производства и др.

Снижения массы зданий можно добиться за счет применения в покрытиях гражданских зданий наиболее легких и эффективных типов плит на деревянном каркасе с обшивками из фанеры, древесноволокнистых, древесностружечных и цементностружечных плит.

Плиты покрытий состоят из каркаса и обшивок. Каркас – из продольных и поперечных ребер. Поперечные ребра устраивают в плитах длиной 3 м и более. Ребра изготавливают из цельной или клееной древесины хвойных пород (сосна, ель, лиственница), из водостойкой фанеры двутаврового или швеллерного профилей, а также в виде балок с фанерной стенкой или сквозных ребер в виде ферм. Расстановка ребер зависит от местного изгиба обшивки при расчете ее на действие основной и монтажной нагрузки, ее местной устойчивости от действия сжимающих напряжений. Обычно шаг продольных несущих ребер принимается в пределах 0,5 м, а поперечных – зависит от длины материала обшивки, но не менее 0,75 м. Элементы каркаса соединяются прямым сквозным шипом.

Клефанерные плиты покрытий отличаются повышенной жесткостью. Они состоят из деревянного каркаса (ребер толщиной 33 или 42 мм после фрезерования) и приклеенных к нему фанерных обшивок толщиной не менее 8 мм, образующих коробчатое сечение. Фанера при этом должна быть повышенной водостойкости марки ФСФ (реже бакелизированной); ребра могут быть клееными либо из цельной древесины. В качестве утеплителя применяется пенопласт, стекломаты или минераловатные плиты (с плотностью 100...125 кг/м³ и теплопроводностью не выше 0,07 Вт/м·°С).

Клефанерными плитами можно перекрывать пролёты до 6 м, а при клееных ребрах – более 6 м. Ширина плиты равна ширине фанерного листа с учётом обрезки кромок для их выравнивания. Высота плиты составляет $\frac{1}{30}$... $\frac{1}{40}$ пролёта. Для того чтобы плиты имели одинаковый прогиб, их соединяют глукими нагелями, которые ставят через каждые 1,5...2 м, или гвоздями, прибаваемыми через соединительную планку через 500 мм. Можно также соединять фанерную обшивку с каркасом на водостойких клеях. Плиты прикрепляют к несущим конструкциям. Внутри плита проветривается за счет осушающего воздуха, так как между верхней обшивкой и утеплителем имеется определенный воздушный зазор [1].

Плиты покрытий с обшивками из фанеры и с клефанерными ребрами могут быть выполнены из водостойкой фанеры марки ФСФ либо бакелизированной марки ФБС.

Клефанерные плиты покрытий с ребрами из балок с фанерной стенкой, отличающиеся высокими теплотехническими показателями и малым собственным весом, были разработаны и внедрены в практику Краснодарским институтом ЮжГипроНИсельстрой [2]. Для изготовления таких плит можно использовать недефицитные пиломатериалы небольшого поперечного сечения для поясов и тонкую фанеру для плоской стенки. Ребра этих плит покрытий могут даже применяться в качестве отдельно стоящих несущих

щих прогонов лёгких покрытий при надёжном раскреплении их верхних поясов, а также для покрытий с кровлей из рулонных материалов при уклонах от 2,5 до 10 % и в качестве чердачных перекрытий.

Асбестоцементные плиты покрытий в отличие от клеефанерных проще в изготовлении. Асбестоцементные листы могут соединяться с каркасом клеем или шурупами.

При соединении на клею на концевых участках каркасов предусматривают установку по одному болту, винту или заклёпке. Крепёжные элементы устанавливают в заранее рассверливаемые отверстия, которые на 1...1,5 мм больше диаметра крепёжных элементов (шурупов). Пробивка отверстий запрещена.

Не желательно соединять асбестоцементные листы с каркасом при помощи гвоздей.

Для изготовления асбестоцементных плит покрытий применяются асбестоцементные листы с влажностью не более 8 % по массе и толщиной не менее 6 мм. Для уменьшения влажностных деформаций производят гидрофобизацию поверхности асбестоцементных плит или защищают их поверхность водостойкими красками. В асбестоцементных плитах покрытий используют минераловатный или стекловатный утеплитель на синтетическом связующем или любые другие теплоизоляционные материалы. Рёбра асбестоцементных плит выполняют из цельной или клееной древесины либо в виде клеефанерных прогонов симметричного двутаврового поперечного сечения.

В гражданском строительстве применяют также *древесностружечные* (ДСП), *цементностружечные* (ЦСП) и *древесноволокнистые* (ДВП) плиты. Однако при этом важно знать срок службы таких плит, работающих под воздействием климатических факторов и агрессивных сред, – на долговечность и прочность данных материалов большое влияние оказывает температура [3, 4].

В основном плиты покрытий на деревянном каркасе используются в отопляемых зданиях с наружным отводом воды в районах с расчётной температурой наружного воздуха до -50 °С.

Исследовательская часть. Для выбора наиболее эффективных типов плит покрытий на деревянном каркасе с различными видами поперечных сечений (коробчатого, двутаврового, швеллерного и прямоугольного) был выполнен сравнительный технико-экономический анализ, определены технико-экономические показатели [5].

Для плит покрытий с клеефанерными рёбрами швеллерного сечения некоторые технико-экономические показатели определялись по нижеприведенным формулам:

- расход пиломатериалов на полки:

$$V_n = V_{n.п.п.р.р.б.е.р} + V_{n.п.р.д.р.р.б.е.р}, \quad (1)$$

где $V_{n.п.п.р.р.б.е.р}$ – объём пиломатериалов на полки поперечных рёбер, м³; $V_{n.п.р.д.р.р.б.е.р}$ – объём пиломатериалов на полки продольных рёбер, м³;

- расход пиломатериалов на изготовление элементов из досок и брусев:

$$V_n = K'_1 \frac{\delta_n}{\delta_0} \frac{e_n}{e_0} \frac{l_{y.z.}}{l_0} V_0, \quad (2)$$

где K'_1 – коэффициент, учитывающий отходы при раскросе пиломатериалов на черновые заготовки ($K'_1 = 1,1$ – для накладок, прокладок, связей, прогонов); $\frac{l_{y.z.}}{l_0} = 1,02$; δ_n – длина сечения заготовочного бруска для полки, мм; δ_0 – проектная длина сечения полки, мм; e_n – ширина сечения заготовочного бруска для полки, мм; e_0 – проектная ширина сечения полки, мм; V_0 – объём полки.

- расход фанеры на продольные рёбра:

$$V_\phi = K_0 V_\phi^0, \quad (3)$$

где K_0 – коэффициент отходов при изготовлении клеефанерных балок ($K_0 = 1,15$); V_ϕ^0 – объём фанеры в деле.

Рассчитаем количество расходуемого клея:

- расход клея на рёбра:

$$P_{кл} = K_n g F_{щ}, \quad (4)$$

где K_n – коэффициент, учитывающий потери клея ($K_n = 1,05$); $g = 0,6$ кг/м² – при изготовлении клеефанерных конструкций; $F_{щ}$ – площадь боковой поверхности полок, к которой крепятся рёбра;

- расход клея на обшивки:

$$P_{кл} = K_n g F_{ш}, \quad (5)$$

где $F_{ш}$ – площадь боковой поверхности полок, к которой крепятся обшивки.

Трудоёмкость изготовления данной плиты покрытия определяется по формуле:

$$T_{и.л.} = K_0 t_{и.л.} F_{пл}, \quad (6)$$

где $K_0 = 1,05$ – коэффициент, учитывающий увеличение трудоёмкости изготовления плит с отверстиями и проёмами; $t_{и.л.}$ – расчётное усреднённое значение трудоёмкости изготовления плит покрытий на 1 м^2 площади плиты; $F_{пл}$ – площадь поверхности плиты.

Типы плит покрытий различного поперечного сечения, для которых определялись показатели материалоемкости, трудоёмкости изготовления и масса, изображены на рисунке 1.

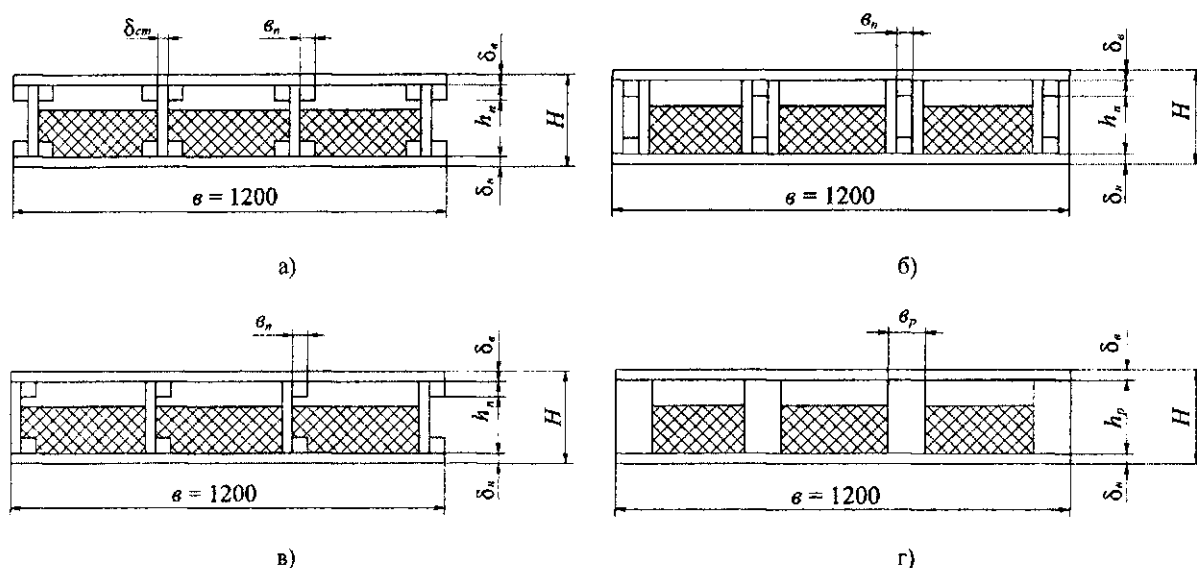


Рис. 1. Поперечное сечение каркасных плит покрытий:
а – двутавровое; б – коробчатое; в – швеллерное; г – прямоугольное

Основные характеристики и результаты определения основных технико-экономических показателей плит представлены в таблицах 1, 2.

Показано, что клефанерная плита покрытия швеллерного сечения по технико-экономическим показателям превосходит остальные:

- по трудоёмкости (на 17,5...31 %);
- по меньшему расходу фанеры (на 17,24...50 %).

Кроме того, она легче других на 31,5...63,5 %, что также не маловажно для снижения массы возводимых зданий. Исключение составляют плиты с двумя асбестоцементными обшивками, с ребрами прямоугольного сечения из цельной древесины, для которых показатели трудоёмкости одинаковы.

Повысить эффективность плит покрытий с обшивками из фанеры марки ФСФ сорта В/ВВ можно за счет применения более дешевого сорта фанеры, т.е. ВВ/С, а также ребер прямоугольного поперечного сечения из цельной древесины.

Ранее проведенный технико-экономический анализ клефанерных плит покрытий с ребрами из клееной и цельной древесины В.С. Сарычевым и Р.М. Ивановой (Р.М. Платоновой) показал эффективность применения последних [6]. Применение плит покрытий с ребрами из клееной древесины при пролете до 6 м может быть оправдано только в случае острого дефицита пиломатериалов необходимых размеров, в противном случае их следует применять при пролете более 6 м. Кроме того, в данной работе было установлено, что при использовании плит с ребрами из цельной древесины и обшивками из фанеры

марки ФСФ сорта ВВ/С по сравнению с плитами с ребрами из клееной древесины и обшивками из фанеры марки ФСФ сорта В/ВВ снижаются [6]:

- приведенные затраты на 13,2...17,1 %;
- трудоемкость изготовления на 11,7...12,4 %;
- расход пиломатериалов на 23,2...27,1 %.

Таблица 1

Характеристики поперечных сечений плит покрытий

Тип плиты	Тип поперечного сечения плиты	Размеры сечения, мм						Материал обшивок и ребер
		$h_n (h_p)$	δ_n	$\delta_{cm} (b_p)$	δ_a	δ_n	H	
1	Двутавровое	55	20	16	16	16	226	ЦСП
2	Коробчатое	44	44	10	16	16	226	ЦСП
3	Двутавровое	55	20	10	10	8	212	Фанера ФСФ сорта В/ВВ
4	Коробчатое	44	44	8	10	8	212	Фанера ФСФ сорта В/ВВ
5	Двутавровое	55	20	10	10	10	270	ДВПс марки Тс-400
6	Коробчатое	44	44	8	10	8	270	ДВПс марки Тс-400
7	Швеллерное	67	47	8	10	8	162	Фанера ФСФ сорта В/ВВ и цельная древесина
8	Прямоугольное	140	–	40	10	10	160	Плоские асбестоцементные листы и цельная древесина
9	Прямоугольное	242	–	50	10	8	260	Верхняя – плоские асбестоцементные листы (АЦ); нижняя – ДВПс; ребра – из цельной древесины

Таблица 2

Технико-экономические показатели плит покрытий

Наименование показателей	Технико-экономические показатели на 1 м ² плит покрытий с применением									
	Обшивки									
	ЦСП		Фанеры марки ФСФ			ДВПс		АЦ	АЦ+ДВПс	
	Ребра плит									
	двутавровые	коробчатые	двутавровые	коробчатые	швеллерные	двутавровые	коробчатые	прямоугольные		
Тип плиты										
Трудоемкость изготовления, чел.ч	2,01	2,13	2,27	2,41	1,66	2,11	2,22	1,66	2,15	
Расход пиломатериалов, м ³	0,027	0,022	0,027	0,0304	0,027	0,022	0,022	0,023	0,026	
Расход ЦСП или фанеры, м ³	0,045	0,048	0,029	0,038	0,024	–	–	–	–	
Расход ДВПс, м ²	–	–	–	–	–	3,05	4,07	2,46	1,3	
Масса панели, кг	77,4	77,5	41,3	43,5	28,3	43,7	46,6	63,6	62,3	

Кроме более высоких показателей трудоемкости изготовления плиты покрытий с обшивками из древесноволокнистых плит с ребрами двутаврового, коробчатого и прямоугольного сечений имеют также более высокие показатели трудоемкости монтажа. Это объясняется тем, что в целях обеспечения их долговечности необходимо устраивать более сложный расширенный стык (рис. 2), который образуется

благодаря увеличенным до 5...6 см выступам обшивок за края наружных ребер плит. При монтаже стык перекрывается двумя слоями рулонной пароизоляции, которая при изготовлении плит с обшивками, крепящимися к каркасу при помощи клея и шурупов, выпускается на 5...6 см за края [1].

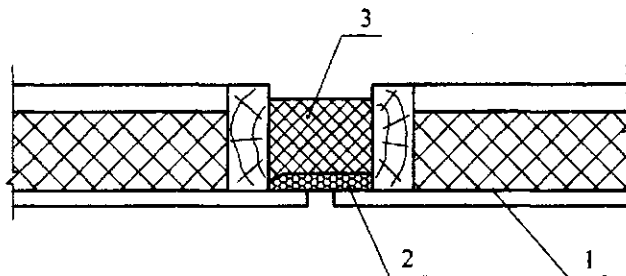


Рис. 2. Расширенный стык плит покрытий с обшивками из древесноволокнистых плит:
1 – пароизоляция; 2 – полоски из рулонного гидроизоляционного материала; 3 – мастика

Выводы

В целях снижения массы зданий для покрытий гражданских зданий можно рекомендовать наиболее эффективные плиты – с обшивками из фанеры марки ФСФ и ребрами швеллерного и прямоугольного сечений. Указанные типы плит покрытий можно также применять при строительстве надстроек и мансард реконструируемых панельных пятиэтажных зданий первых массовых серий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкции из дерева и пластмасс: учеб. для вузов / Ю.В. Сличкоухов [и др.]; под ред. Г.Г. Карлсена и Ю.В. Сличкоухова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 543 с.
2. Житушкин, В.Г. Панели перекрытий с деревофанерными ребрами / В.Г. Житушкин // Жилищное строительство. – 2004. – № 5. – С. 14 – 15.
3. Техничко-экономическая оценка каркасных панелей перекрытий с применением ЦСП / В.С. Сарычев [и др.]. – М.: ВНИИИС Госстроя СССР, 1987. – Вып. 4, сер. 8. – С. 16 – 21.
4. Шамарина, Л.М. Цементно-стружечные панели с комбинированным каркасом: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Л.М. Шамарина. – М.: МИСИ им. В.В. Куйбышева, 1988. – 17 с.
5. Платонова, Р.М. Определение технико-экономических показателей различных типов деревянных конструкций: метод. указания к курсовому и дипломному проектированию по курсу «Конструкции из дерева и пластмасс» / Р.М. Платонова, Л.Н. Галушкова. – Новополоцк: ПГУ, 1994. – 24 с.
6. Сарычев, В.С. Техничко-экономическая эффективность клефанерных панелей покрытий / В.С. Сарычев, Р.М. Иванова. – Экспресс-информация ВНИИИС. Строительные конструкции, 1984. – Сер. 8, вып. 11. – С. 7 – 11.

Поступила 29.04.2008