

за счет аутогезии, возникающей между этими телами, адгезионные и когезионные связи здесь отсутствуют, так как нет клея. При испытании таких образцов на скалывание разрыв происходит по адгезионному слою 3 или в области одного из твердых тел 1. Прочность такого соединения зависит от степени подгонки и сближения поверхностей соединяемых твердых тел. Чем лучше будут подогнаны и сближены соединяемые поверхности друг к другу, чем больше относительная площадь соприкосновения, тем выше будет прочность соединения. В этом случае поверхности должны идеально соответствовать одна другой. Между тем, даже наилучшим образом отполированные поверхности слишком шероховаты и неровны, чтобы удовлетворять этим требованиям. Кроме подгонки поверхностей, необходимо считаться с тем, что поверхности твердых тел покрыты адсорбированным слоем воздуха, влаги или другого вещества, с которыми поверхности твердых тел находятся в контакте. Под действием поверхностных сил очень тонкий адсорбированный слой находится под огромной силой притяжения. Поэтому при сближении поверхностей без клея адсорбированный слой препятствует сближению их. При снятии давления адсорбированный сжатый слой отбрасывает друг от друга соединяемые предметы. Адсорбированные вещества могут быть удалены с поверхностей соединения до сближения твердых тел путем создания вакуума, замещения их клеем или действием высокого давления.

#### Л и т е р а т у р а

1. Дергачев П.А. Исследование влияния расхода мочевино-формальдегидного клея на прочность склеивания фанеры и разработка технологии ее производства. Автореф. канд. дис. - Мн., 1976. 2. Минин А.Н. Технология пьезотермопластиков. - М., 1965.

УДК 674.815-41

В.М.Сацура, В.Ю.Акстиновичус, К.П.Рауктис

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОПУСТОТНЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ В СТАНДАРТНОМ ДОМОСТРОЕНИИ

Одним из наиболее перспективных и высокоэффективных материалов, позволяющих снизить материалоемкость строительства, являются многопустотные древесностружечные плиты.

Легкие многопустотные плиты толщиной 30–120 мм и более сравнительно легко изготавливаются экструзионным способом. Небольшой вес и высокие тепло- и звукоизоляционные свойства выгодно отличают их от других традиционных материалов.

Следует отметить, что для изготовления многопустотных плит в качестве сырья можно применять мелкие отходы лесопиления и деревообработки – опилки от лесопильных рам и круглопильных станков, станочную стружку и т.п. Организация производства многопустотных плит в условиях домостроительных и деревообрабатывающих предприятий позволяет практически довести коэффициент использования древесины до 90–92%, поскольку все сырье, поступающее на предприятие, вовлекается в производство. Кроме того, использование многопустотных плит в конструкциях стандартных домов позволяет получать новые технические и технологические решения. Так, например, в конструкциях панели наружной стены в многоквартирных домах фирмы "Окал" (ФРГ) используется облицованная многопустотная плита толщиной 120 мм с заполненными пенопластом каналами. По сопротивлению теплопередаче такая стена эквивалентна кирпичной кладке толщиной 750 мм при 18–кратном уменьшении веса.

В то же время трудозатраты на ее изготовление на 30%, а стоимость в 1,5 раза ниже стеновой панели дома щитовой конструкции. Перегородка из многопустотной плиты при одинаковой толщине с гипсолитовой перегородкой (80 мм) в 1,5–1,6 раза превосходит ее по звукоизоляции, но в 4 раза легче ее и дешевле в изготовлении [1].

Применение многопустотных плит в конструкциях стандартных домов позволит также резко сократить удельный расход пиломатериалов. Однако при проектировании строительных конструкций из многопустотных плит и расширении областей их применения важно знать их основные физико-механические свойства.

Экспериментальными исследованиями по ранее описанной методике в работе [2] определяли такие свойства, как предел прочности при статическом изгибе вдоль ( $\sigma_{\text{вд}}$ ) и поперек ( $\sigma_{\text{поп}}$ ) направления прессования, модуль упругости при статическом изгибе вдоль ( $E_{\text{вд}}$ ) и поперек ( $E_{\text{поп}}$ ) направления прессования, предел прочности при сжатии ( $\sigma_{\text{сж}}$ ) перпендикулярно пласти, разбухание и водопоглощение многопустотных плит.

Кроме указанных показателей, исследовались также и тепловлажностные свойства изделий из многопустотных плит. Эти

свойства являются решающими при оценке эффективности конструктивных элементов из многпустотных плит. В связи с этим в институте "ВНИИтеплоизоляция" (г. Вильнюс, Литовская ССР) были проведены лабораторные испытания по определению кинетики накопления влаги и ее распределению в толще ограждения, а также по изучению теплоизоляционной способности плит в условиях стационарного тепловлажностного режима эксплуатации.

Испытания в течение 90 суток проводились в климатической камере при температуре  $16 \pm 2^\circ\text{C}$  и относительной влажности внутреннего воздуха  $60 \pm 7\%$  и температуре наружного воздуха минус  $27 \pm 2^\circ\text{C}$ . Исследованию подвергался фрагмент ограждающей стены общей полезной площадью  $6,6 \text{ м}^2$ , смонтированный из трех панелей на основе многпустотных плит толщиной 120 мм. Плиты в конструкции панели были облицованы твердой древесно-волокнистой плитой толщиной 3 мм. Габаритные размеры панелей составляли  $2530 \times 1090 \times 126$  мм. Вертикальные каналы (диаметром 100 мм) плит в конструкциях панелей заполнялись сыпучими теплоизоляционными материалами. В частности, применялись: керамзитовая смесь (ГОСТ 9759-70), содержащая по объему по 25% керамзитового песка и керамзитового гравия фракции 15-20 мм и 50% керамзитового гравия фракции 5-10 мм, песок перлитовый вспученный (ГОСТ 10832-74) и вспененный пенопласт полистирольный (ОСТ 6-05-202-73).

В процессе эксперимента из каждого образца панели периодически вынималось по 4-5 проб утеплителя и межпустотного древесностружечного каркаса (перемычки), которые делились послойно и высушивались. На основании полученных результатов определялись средние значения послойного и интегрального влажностного состояния материалов.

Измерения температур на поверхности и в толще панели осуществлялись с помощью вмонтированных медь-константовых термодпар. При измерении термических сопротивлений ограждения применялись измерители малых тепловых потоков конструкции ЛТИХП. Показания термодпар и измерителей тепловых потоков фиксировались по показаниям переносного потенциометра типа ПП63.

Многпустотные плиты толщиной 30-120 мм изготавливались в условиях Вильнюсского ДОКа. В качестве сырья применяли опилки. Связующим служил клей на основе смолы М 19-62. Расход клея не превышал 8%.

Для облицовывания плит при определении сравнительных физико-механических свойств применяли шпон толщиной 1,2 мм.

Т а б л и ц а 1. Уравнения, характеризующие изменение прочностных показателей многопустотных плит в зависимости от их приведенной плотности

Показатели	Толщина плит, мм	Плиты необлицованные	Плиты облицованные
Предел прочности при статическом изгибе вдоль ( $\sigma_{из}^{вд}$ ) и поперек ( $\sigma_{из}$ ) направления прессования, МПа	30	$\sigma_{из}^{вд} = 0,0048 \gamma_{пр} - 1,90$	$\sigma_{из}^{вд} = 0,0425 \gamma_{пр} - 13,40$
		$\sigma_{из}^{поп} = 0,0090 \gamma_{пр} - 2,05$	$\sigma_{из}^{поп} = 0,0123 \gamma_{пр} - 1,84$
	60	$\sigma_{из}^{вд} = 0,0047 \gamma_{пр} - 1,66$	$\sigma_{из}^{вд} = 0,0375 \gamma_{пр} - 12,60$
		$\sigma_{из}^{поп} = 0,0100 \gamma_{пр} - 2,90$	$\sigma_{из}^{поп} = 0,0125 \gamma_{пр} - 2,50$
	80	$\sigma_{из}^{вд} = 0,0053 \gamma_{пр} - 1,97$	$\sigma_{из}^{вд} = 0,0350 \gamma_{пр} - 11,70$
		$\sigma_{из}^{поп} = 0,0100 \gamma_{пр} - 3,40$	$\sigma_{из}^{поп} = 0,0137 \gamma_{пр} - 3,45$
100	$\sigma_{из}^{вд} = 0,0045 \gamma_{пр} - 1,46$	$\sigma_{из}^{вд} = 0,0288 \gamma_{пр} - 9,30$	
	$\sigma_{из}^{поп} = 0,0110 \gamma_{пр} - 3,90$	$\sigma_{из}^{поп} = 0,0140 \gamma_{пр} - 4,15$	
120	$\sigma_{из}^{вд} = 0,0032 \gamma_{пр} - 0,88$	$\sigma_{из}^{вд} = 0,0267 \gamma_{пр} - 8,40$	
	$\sigma_{из}^{поп} = 0,0090 \gamma_{пр} - 2,90$	$\sigma_{из}^{поп} = 0,0160 \gamma_{пр} - 5,40$	
Предел прочности при сжатии перпендикулярно плоскости ( $\sigma_{сж}^{\perp}$ ), МПа	30	$\sigma_{сж}^{\perp} = 0,042 \gamma_{пр} - 10,7$	
	60	$\sigma_{сж}^{\perp} = 0,039 \gamma_{пр} - 11,9$	
	80	$\sigma_{сж}^{\perp} = 0,035 \gamma_{пр} - 11,0$	
	100	$\sigma_{сж}^{\perp} = 0,034 \gamma_{пр} - 11,0$	
	120	$\sigma_{сж}^{\perp} = 0,032 \gamma_{пр} - 10,7$	

Основные физико-механические показатели плит определяли в зависимости от их приведенной плотности ( $\gamma_{\text{пр}}$ ), которую вычисляли по формуле

$$\gamma_{\text{пр}} = \frac{G}{l \left( bs - \frac{\pi d^2}{4} n \right)},$$

где  $G$  - вес образца, кг;  $l$ ,  $b$ ,  $s$  - соответственно длина, ширина и толщина образца, м;  $d$  - диаметр каналов, м;  $n$  - число каналов, шт.

Уравнения, характеризующие изменение прочностных показателей при статическом изгибе многопустотных плит в зависимости от приведенной плотности (в пределах 400-750 кг/м<sup>3</sup>) и толщины, даны в табл. 1.

Предел прочности плит при статическом изгибе, повышаясь с увеличением плотности, резко возрастает после облицовывания. Например, значения показателей прочности при статическом изгибе вдоль направления прессования после облицовывания многопустотных плит лущеным шпоном толщиной 1,2 мм в зависимости от толщины плит возрастают в 7-16 раз. Прочность плит при изгибе поперек направления прессования в силу анизотропности облицовочного материала в среднем повышается лишь в 1,7 раза.

Модуль упругости при статическом изгибе поперек направления прессования примерно в 2,6-3,0 раза выше, чем при изгибе вдоль направления прессования.

Значения модуля упругости (в МПа) при статическом изгибе вдоль ( $E_{\text{вд}}$ ) и поперек ( $E_{\text{поп}}$ ) направления прессования для необлицованных плит могут быть вычислены по следующим формулам.

Для плит толщиной 60 мм

$$E_{\text{вд}} = 0,728 \gamma_{\text{пр}} - 302;$$

$$E_{\text{поп}} = 1,830 \gamma_{\text{пр}} - 730.$$

Для плит толщиной 100 мм

$$E_{\text{вд}} = 0,4 \gamma_{\text{пр}} - 130;$$

$$E_{\text{поп}} = 0,8 \gamma_{\text{пр}} - 190.$$

После облицовывания многопустотных плит лущеным шпоном значения показателей модуля упругости повышаются в 2-5 раз в зависимости от плотности плит.

С изменением приведенной плотности от 400 до 700 кг/м<sup>3</sup> и толщины необлицованных плит от 30 до 120 мм разбухание

по длине изменяется от 3 до 13%, а по толщине - от 0,7 до 1,5%. Водопоглощение уменьшается от 140 до 75%. С увеличением расхода связующего от 4 до 15% водопоглощение многопустотных плит толщиной 100 мм снижается в 1,7 раза, разбухание по длине - в 3,8, а разбухание по толщине - в 1,8 раза.

Результаты исследований тепловлажностных свойств конструкций панелей из многопустотных плит представлены на рис.1-4.

Из данных, представленных на рис. 1, видно, что средние значения интегральной влаги на участке плиты между каналами в древесностружечном каркасе (кривая 1) возрастают практически с постоянной скоростью, составляющей около 0,01% в сутки, не достигая до конца периода испытания допустимой для древесины эксплуатационной нормы (20%), лимитируемой строительными нормами и правилами.

Увлажнение утеплителя из перлитового песка и пенопласта полистирольного (кривые 2 и 3) в начале периода эксплуатации (до 20-25 суток) происходит довольно медленно, со скоростью 0,04% в сутки. В этом периоде влага в толще утеплителя практически распределена равномерно. При дальнейшем испытании кривые увлажнения утеплителя возрастают более интенсивно, показывая суточный прирост влаги для перлитового песка около 0,1%, а для пенопласта полистирольного - 0,07%. После 45-55 суток эксплуатации интенсивность повышения интегральной влаги утеплителя снижается.

Среднее значение интегральной влаги утеплителя пустот из керамзитовой смеси (кривая 4) в продолжении всего эксперимента не превышало 1%.

Следует отметить, что значения интегрального увлажнения во время длительного пребывания ограждающей конструкции в условиях отрицательной температуры наружного воздуха не дают полной информации о влажностном состоянии ее составляющих материалов.

Как показывают результаты проведенного эксперимента, равномерное увлажнение материалов после определенного периода (25-30 суток) эксплуатации конструкции переходит к заметному перераспределению влаги в толще ограждения. В наружной (холодной) стороне ограждения процесс увлажнения постепенно возрастает, со временем расширяясь в сторону положительных температур.

Результаты измерения показывают, что влажность наружных слоев утеплителя из пенопласта полистирольного и перлитового песка (рис. 2) в значительной степени превышает влажность

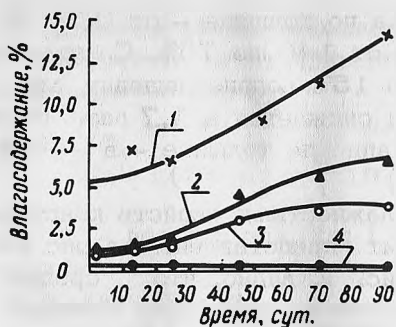


Рис. 1. Кинетика интегрального накопления влаги в межпустотном каркасе древесностружечных плит (1) и в утеплителе из пенопласта полистирольного (2), вспученного перлитового песка (3) и керамзитовой смеси (4).

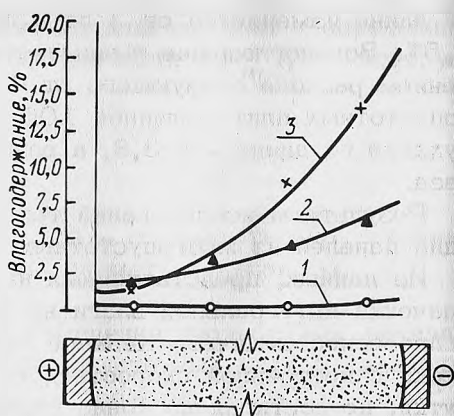


Рис. 2. Послойное распределение влаги в утеплителе из керамзитовой смеси (1), вспученного перлитового песка (2) и пенопласта полистирольного (3) после 90-суточного испытания.

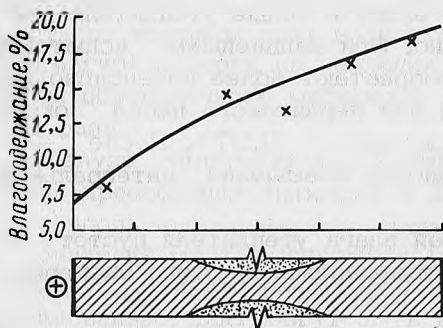


Рис. 3. Послойное распределение влаги в межпустотном каркасе древесностружечных плит после 90-суточного испытания.

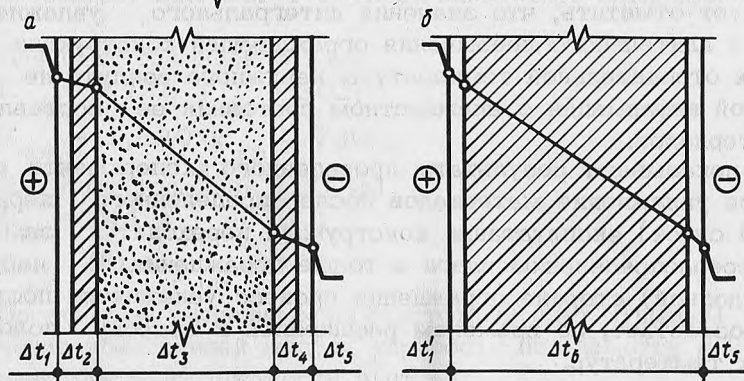


Рис. 4. Схема расположения температурных перепадов через утепленные пустоты (а) и межпустотный каркас (б) древесностружечных плит.

внутренних слоев, а также влажность утеплителя из керамзитовой смеси. Превышение влажности наружных слоев по отношению к внутренним характерно и для древесностружечной плиты (рис. 3).

Средние значения термических сопротивлений плит (табл. 2) зависят от вида утеплителя пустот и в среднем достигают от  $1,15 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  для керамзитовой смеси до  $1,93 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  для пенопласта полистирольного и  $2,98 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  для песка перлитового, что соответственно в 1,3; 2,2 и 3,4 раза превышает значение требуемого термического сопротивления для республик Прибалтики и БССР. Как видно из табл. 2 и рис. 4, перлитовый песок имеет ощутимое преимущество по сравнению с утеплителем из керамзитовой смеси и некоторое по сравнению с пенопластом полистирольным.

Интересен тот факт, что несмотря на возрастание влажности плит в течение всего трехмесячного испытания при довольно низкой температуре наружного воздуха, ощутимого изменения их термического сопротивления не наблюдалось. Коэффициент варьирования средних значений термических сопротивлений для всего периода испытания не превышает 8%. Это, по-видимому, можно объяснить тем, что при стационарном температурном режиме эксплуатации влажность в ограждении в основном накапливается в виде инея, который сам по себе является хорошим изолятором тепла. Кроме того, последний со временем постепенно заполняет поры и пустоты материала, образуя своеобразный барьер для конвективного теплообмена.

Выявленные температурные перепады в исследуемой конструкции (табл. 2), а соответственно и распределение термических сопротивлений свидетельствуют о высоких теплозащитных свойствах многопустотных древесностружечных плит. Подтверждением этому является то, что значение перепада между температурами внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждения ( $\Delta t_i$ ) с утеплителем в каналах плиты из керамзитовой смеси и перлитового песка соответственно в 4-12 раз меньше величины, допускаемой строительными нормами.

Таким образом, многопустотные древесностружечные плиты экструзионного прессования, утепленные теплоизоляционными материалами, являются весьма эффективными ограждающими элементами. Теплоизоляционная способность зависит от вида утеплителя в пустотах и практически может в несколько раз превысить допускаемые для большинства районов страны значения.



Т а б л и ц а 2. Результаты определения теплотехнических показателей древесностружечных плит

Вид утеплителя	Число делений	Температура воздуха, °С		Температурный перепад, °С (согласно рис. 4)							Термическое сопротивление		
		внутреннего	наружного	$\Delta t_1$	$\Delta t_1'$	$\Delta t_2$	$\Delta t_3$	$\Delta t_4$	$\Delta t_5$	$\Delta t_5'$	$\Delta t_6$	среднее, $\text{м}^2 \text{К}$	коэффициент вариации, %
				Вт									
Керамзитовая смесь	197	14,9	-27,1	1,5	0,9	0,3	35,8	-1,0	-3,3	-2,6	38,5	1,15	8
Пенопласт-лист-рольный	197	16,4	-27,6	0,6	0,9	0,3	40,1	-0,6	-2,4	-2,6	40,5	1,93	5
Песок-перлитовый	197	16,8	-28,6	0,5	0,7	0,2	41,2	-0,3	-3,1	-3,4	41,2	2,98	7

Полученные результаты экспериментальных исследований были использованы при разработке конструкций элементов малоэтажных стандартных домов в Литовской ССР. В этой республике впервые в практике СССР было построено и в настоящее время эксплуатируется несколько домов, у которых конструктивные элементы изготовлены из многпустотных плит.

### Л и т е р а т у р а

1. Корчаго И.Г., Завражнов А.М. Экструзионные древесностружечные плиты. - М., 1972. 2. Сацура В.М. К вопросу определения физико-механических показателей многпустотных плит. - Лесной журнал. Архангельск, 1974, № 12.

УДК 678.06 - 405:666.189

Н.Н.Цыбулько, Ф.С.Мартинovich,  
В.М.Сацура, А.И.Мандрикова

### ЖЕСТКИЙ ПЕНОПОЛИУРЕТАН ПОВЫШЕННОЙ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Жесткие пенополиуретаны (ППУ) обладают целым комплексом свойств, которые обуславливают неослабеваемый интерес к ним и рост их потребления в различных областях народного хозяйства. ППУ находят все больший спрос в строительстве (гражданском, промышленном, энергетическом), так как обладают высокими звуко- и теплоизоляционными свойствами, водо- и атмосферостойкостью, биологической стойкостью, значительной удельной прочностью [1].

ППУ является очень перспективным материалом как связующее для получения древесностружечных плит в широком диапазоне плотностей. Благодаря закрытопористой структуре ППУ такие плиты, как показали исследования, обладают повышенной водо- и атмосферостойкостью.

Однако известные рецептуры ППУ имеют очень высокую реакционную способность, малую текучесть и низкую жизнеспособность, что затрудняет их применение для получения древесностружечных плит.

При использовании в качестве связующего жестких ППУ для получения древесностружечных плит потребовалось замедлить реакцию уретанообразования, увеличить жизнеспособность ППУ для того, чтобы гомогенно смешать компоненты [2].