

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 624.072.32

ДЕРЕВЯННЫЕ ДОЩАТЫЕ ФЕРМЫ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЛАСТИНАХ В НАДСТРОЙКАХ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

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

Представлена технология изготовления и возведения деревянных ферм на металлических зубчатых пластинах в надстройках реконструируемых гражданских зданий. Исследованы вопросы истории изобретения и дальнейшего совершенствования металлических зубчатых пластин и ферм с их соединением в узлах. По методике, разработанной в Московском государственном строительном университете В.С. Сарычевым и А.В. Калугиным, определены основные показатели материалоемкости и трудоемкости изготовления ферм на металлических зубчатых пластинах. Выполнен сравнительный технико-экономический анализ различных типов ферм, разработанных в Республике Беларусь совместным белорусско-английским предприятием «Каркасные строительные технологии», в Российской Федерации и США. Определены наиболее эффективные типы ферм для покрытий надстроек треугольного, трапециевидного, кругового и других очертаний. Даны рекомендации по их применению в строительстве при реконструкции гражданских зданий.

Введение. В современном мире города и другие населённые пункты растут в геометрической прогрессии. Однако дороговизна даже той же земли заставляет подумать об альтернативном строительстве хотя бы небольших жилых помещений в самом городе.

Выход был найден – устройство мансард, надстройка нескольких этажей над существующим зданием, надстройка небольших помещений на части эксплуатируемой крыши с созданием места для дополнительной рекреации. Для их создания используются фермы, рамы и другие строительные конструкции на металлических зубчатых пластинах (МЗП), которые обеспечивают высокую прочность и жёсткость соединений.

Металлические зубчатые пластины – зубчатые крепёжные металлические пластины для соединения деревянных деталей. Их изготавливают методом штамповки из оцинкованной стали толщиной 1,2 или 2,0 мм. Затем пластины нарезаются в соответствии с необходимыми размерами (длина от 50 до 400 мм с шагом 25 мм, ширина от 100 до 250 мм с тем же шагом). Каждая из пластин содержит параллельные ряды выштампованных и вертикально отогнутых в одну сторону фигурных зубьев с внутренней и наружной стенками с заострёнными концами и уширением по боковым торцам у основания.

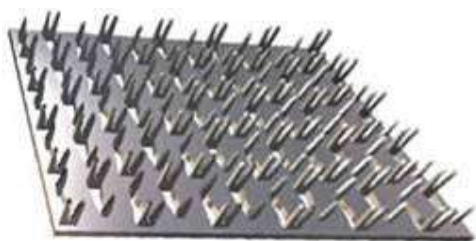


Рис. 1. Металлические зубчатые пластины из стали

Металлические зубчатые пластины из стали (рис. 1) обыкновенного качества защищают от коррозии цинкованием или гидроокисированным алюминированием.

Использование МЗП началось в США около 40 лет назад на юге Флориды (тогда их называли «gang-nails»). Из-за притока новых жителей в южные штаты возникла большая потребность в жилье. В то же время, чтобы удовлетворить эту потребность, строительной промышленности нужны были эффективные методы.

Деревянные фермы с соединениями на металлических коннекторных пластинах начали вытеснять ранее использовавшиеся методы традиционного изготовления стропил и ферм на фанерных узловых накладках. Новый тип ферм можно было производить быстро, в больших количествах и хорошего качества на фабриках, персоналу которых требовалось лишь очень короткое время для обучения. Сегодня в Соединенных Штатах до 130000 тонн металлических коннекторных пластин в год используется почти 1400 потребителями, осуществляющими сборку.

Эта технология проникла в Европу, где получила существенное развитие. Первые соединительные пластины проникли в Европу через Швейцарию и Бельгию, и уже в 1964 году в Германии был выставлен положительный протокол. Предшествующими ему испытательными тестами руководил профессор Молер из Технического университета Карлсруэ в Кайкгапе. В настоящее время конструкции с использованием соединительных пластин применяются практически по всей Европе.

В бывшем СССР в 80-е годы XX века ведущей научно-исследовательской организацией ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко были опубликованы рекомендации по испытанию и расчету соединений на МЗП, которые могут служить основой для разработки соответствующих стандартов и норм. В СССР применялись соединения типа МЗП-1,2 и МЗП-2.

Исследования Марийского государственного технического университета под руководством кандидата технических наук, доцента А.К. Наумова позволили построить первые объекты с использованием ферм на МЗП в 1970-х годах (птицефабрика совхоза «Сила» Горномарийского р-на, овцеводческий комплекс «Шойбулакский» и др.).

Основные типы ферм, изготавливаемых с узловыми соединениями на МЗП, – треугольные одно- и двускатные, а также с параллельными поясами. Фермы разработаны для пролетов 7,5...20 м с шагом 0,5...2,5 м, однако наиболее распространенный – 1,25 м. Толщина досок для изготовления ферм – 40...60 мм, ширина – 100...200 мм (зависит от нагрузок, действующих на конструкцию). Высота ферм треугольного очертания и двускатных – $\frac{1}{6}$... $\frac{1}{7}$ пролета, с плоским покрытием может быть уменьшена до $\frac{1}{10}$... $\frac{1}{20}$ пролета. Тридцатилетний опыт эксплуатации этих конструкций, по мнению А.К. Наумова, подтверждает целесообразность их применения взамен трудоёмких традиционных стропильных систем для устройства покрытий зданий при реконструкции и строительстве. Данные конструкции эффективны также при надстройке мансард реконструируемых домов.

Основная часть. В Республике Беларусь совместная белорусско-английская компания ООО «Каркасные строительные технологии» (г. Минск) также начала производство различных типов деревянных конструкций с применением МЗП для устройства покрытий надстроек и мансард реконструируемых и вновь строящихся зданий. Компания применяет для производства конструкций высокопроизводительное североамериканское оборудование. По мнению изготовителей, применение деревянных конструкций на МЗП позволит уменьшить трудозатраты на 30 % и сэкономить древесину до 25 %.

Сейчас становится нерациональным производство кровельных конструкций и строительство сложных крыш, которые строятся с применением металла в кровельных конструкциях, так как эти конструкции тяжелы, дороги и требуют дальнейшей подготовки для кровельных и внутренних отделочных работ, что ведёт к удорожанию строительства. Устройство же стропильных конструкций из дерева для сложных крыш требует высококвалифицированного персонала и, в итоге, приводит к достаточно большим срокам строительства с последующим его удорожанием.

Можно заметить, что часто возникают так называемый финансовый вопрос и вопрос нехватки времени при возведении какого-либо здания, его реконструкции в виде надстройки помещений, мансард и др. Эти вопросы могут быть решены также при помощи использования строительных конструкций, в частности ферм на МЗП. Это легко доказать:

- 1) материалоемкость минимальна, что даёт показатель себестоимости сооружения в общей стоимости здания «под ключ» в размере 30...35 %;
- 2) малые сроки строительства. Срок монтажа каркаса стропильной конструкции, состоящий из деревянных ферм заводского изготовления может достигать производительности порядка 30 м² горизонтальной проекции крыши в день бригадой из 3 – 4-х человек;
- 3) не требуются высококвалифицированные рабочие;
- 4) проектирование и расчет конструкций с соединениями на МЗП осуществляется, как правило, на персональном компьютере по специальной программе. Полученная информация (печать на бумаге – чертеж и спецификация элементов) передается в цех, где изготавливаются либо фермы целиком, либо линейные фрагменты ферм, которые собираются в готовое изделие на строительной площадке.

Оборудование для производства металлических зубчатых пластин включает в себя: прессы для изготовления пластин различной конфигурации; необходимый инструмент; угловые шаблоны; прессовые установки для производства составных балок и специальное оборудование для нанесения покрытий. С помощью обычной циркулярной пилы доскам придается нужная геометрия, после чего из них выкладывают конструкцию будущей фермы на специальных столах и в местах соединения элементов запрессовывают МЗП. Причем пластины ставятся по обе стороны соединяемых элементов.

Таким образом, можно выделить ещё несколько плюсов применения МЗП:

- отсутствуют трудоёмкие операции по созданию пазов и шипов;
- если выставить монтажные столы точно по геометрии первой создаваемой конструкции, то геометрия всех последующих идентичных конструкции будет соблюдаться автоматически;
- чем больше конструкций одной конфигурации изготавливаются, тем больше рабочего времени экономится;
- конструкции с соединениями на МЗП гораздо экономичнее традиционных и позволяют экономить как древесину (на 20 %), так и сталь (на 30 %);
- позволяют создавать конструкции любой сложности (рис. 2);
- соединения на МЗП превосходят по прочности аналогичные соединения на клею или гвоздях;
- позволяют осуществлять крепеж брусков встык даже с зазором до 4-х мм без потери прочности конструкции;

- готовые конструкции перевозятся на место их установки, что увеличивает скорость сборки дома. Например, срок строительства усадебного дома можно уменьшить в 1,5 раза за счет параллельного возведения стен и изготовления стропильных ферм «на земле» сразу в проектных размерах.

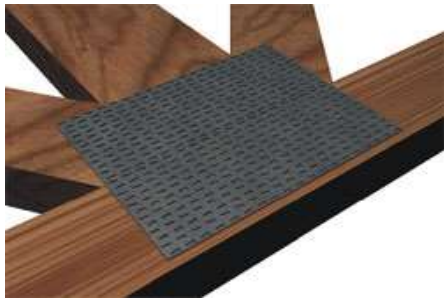


Рис. 2. Пример соединения на МЗП

Кроме того, все работы производятся в помещении, следовательно, не зависят от погодных условий, в результате МЗП становятся просто идеальными для использования в строительстве.

Но есть всё же некоторые проблемы, связанные с их применением:

- необходимо иметь почти идеально ровную площадку с размерами, соответствующими изготавливаемым элементам и специальный пресс в форме скобы с соответствующей гидростанцией (прочность соединений гарантируется только при использовании специального оборудования для запрессовки);

- работает соединительная пластина в разных направлениях по-разному, а прочность шипов на изгиб минимальная при нагрузке, действующей по главной оси.

Последнего недостатка лишена система МЗП типа Арпад, так как оси пар шипов, выштампованные в пластине, образуют с направлением основной нагрузки определенный угол, а ряды шипов поочередно расположены под углом друг к другу. При такой геометрии зубьев при нагружении узла возникает явление заклинивания шипов в древесине, тем самым увеличивается прочность соединения.

Изобретатель МЗП Арпад – венгерский инженер Арпад Бералан. В январе 1995 года в БелНИИС были проведены испытания деревянных безврубчатых соединений на металлических зубчатых пластинах типа Арпад. Фирмой «Аверс-компакт» были представлены образцы, выполненные из сосновых досок 40 × 150 мм: серия 1 – три образца для испытания соединения растянутых элементов вдоль волокон; серия 2 – три образца для испытания соединения растянутого элемента под углом 45° к другому элементу; серия 3 – четыре образца для испытания соединения растянутого элемента под углом 90° к другому элементу.

Результаты испытаний представленных образцов позволили установить следующие значения несущей способности металлических зубчатых пластин типа Арпад: для пластин толщиной 1 мм при передаче усилий вдоль волокон элемента 290 Н на 1 пару зубьев – 60 Н/см²; для пластин толщиной 0,8 мм при передаче усилий под углом 45° к волокнам древесины 290 Н на 1 пару зубьев – 60 Н/см²; для пластин толщиной 0,8 мм при передаче усилий под углом 90° к волокнам древесины 250 Н на 1 пару зубьев – 57 Н/см². Для сравнения: несущая способность соединения растянутых деревянных элементов на гвоздях односрезных диаметром 4,6 мм, длиной 130 мм (160 штук по 80 с каждой стороны) в пять рядов составляет 33,8 Н/см².

Наибольшее распространение МЗП получили в изготовлении стропильных конструкций в виде ферм для двухскатных, односкатных и плоских крыш с пролетом 6...20 м, шагом 0,6...2 м. Двухскатные фермы применяются для кровель с уклонами от 15°, односкатные – от 6°.

В покрытиях с фермами на МЗП кровля выполняется из любого из существующих кровельных материалов. Известны случаи применения МЗП для соединения элементов в пространственных деревянных конструкциях с параллельными поясами. Индустриализация изготовления, малая собственная масса, простота и высокое качество монтажа без применения кранов большой грузоподъемности делают рациональным использование этих конструкций в строительстве гражданских, общественных и производственных зданий, особенно со сложными архитектурными формами.

Для определения наиболее эффективных типов деревянных конструкций с применением МЗП были определены технико-экономические показатели ферм треугольного очертания различных типов (рис. 2, а...и). Фермы типа 1...7 разработаны в Республике Беларусь СООО «Каркасные строительные технологии», а фермы типов 8...9 – в Российской Федерации.

Основные типы ферм треугольного очертания следующие: 1 тип – W-образная; 2 тип – M-образная; 3 тип – E-образная; 4 тип – ферма-ножницы E-образная; 5 тип – ферма с 3-х сегментным нижним поясом; 6 тип – ферма-ножницы M-образная; 7 тип – односкатная треугольная ферма; 8 тип – ферма с треугольной решеткой и стойками; 9 тип – ферма с раскосной решеткой и стойками.

Технико-экономические показатели определялись по методике В.С. Сарычева, А.В. Калугина [7, 8].

Расход пиломатериалов определяли по формуле:

$$V_n = k_1 V_{ч.з} = k_1 \delta_n / \delta_o \cdot b_n / b_o \cdot l_{ч.з} / l_o \cdot V_o, \quad (1)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий отходы при раскросе пиломатериалов на черновые заготовки (зависит от сортового состава пиломатериалов, используемых для изготовления деревянных конструкций). В расчетах на стадии проектирования можно принять $k_1 = 1,13$; $V_{ч.з}$ – объем пиломатериалов в черновых заготовках, м³; $l_{ч.з}$ – длина черновой заготовки, м; l_o – средняя длина элемента «в деле», м; отношение $l_{ч.з} / l_o$ в среднем составляет 1,02; δ_n / δ_o и b_n / b_o – соответственно размеры заготовки и элемента «в деле», м.

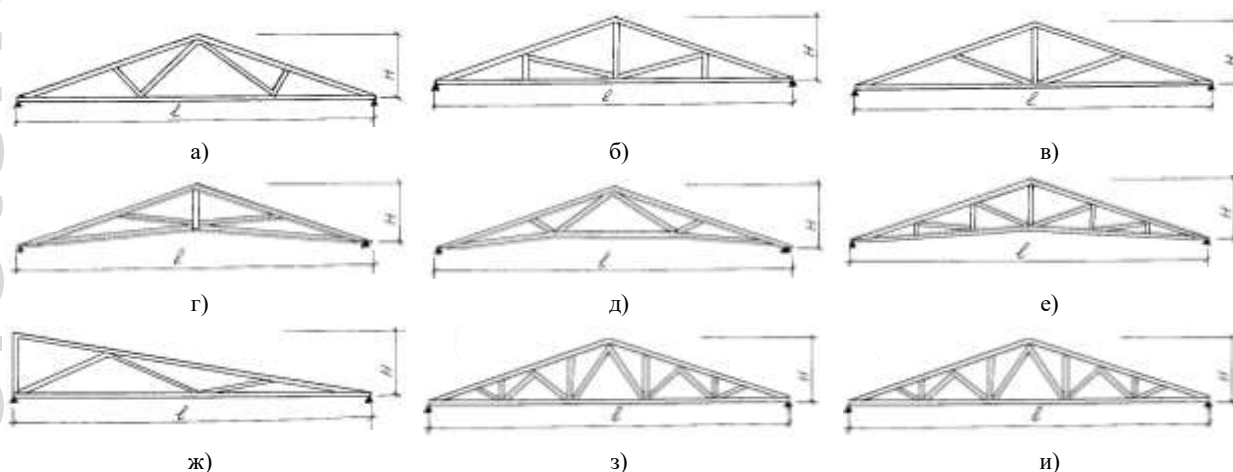


Рис. 3. Основные типы деревянных ферм на металлических зубчатых пластинах:
а – тип 1; б – тип 2; в – тип 3; г – тип 4; д – тип 5; е – тип 6; ж – тип 7; з – тип 8; и – тип 9

Трудоемкость изготовления конструкций на МЗП, чел.-ч, может быть определена по упрощенной формуле:

$$T_{и.д} = t_{и.д} \cdot L_{д}, \quad (2)$$

где $t_{и.д}$ – трудоемкость изготовления конструкций, чел.-ч/м длины элементов, $t_{и.д} = 0,2$; $L_{д}$ – суммарная длина элементов (поясов, стоек, раскосов) в конструкции, м.

Основные технико-экономические показатели указанных выше типов ферм представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные технико-экономические показатели ферм на МЗП на одну конструкцию при пролете 12 м

Тип конструкции	Основные технико-экономические показатели			
	Расход пиломатериалов, $V_{п}$, м ³	Объем конструкции «в деле», $V_{д}$, м ³	Трудоемкость изготовления, $T_{и.д}$, чел.-ч	Масса конструкции, G , кг
1	1,64	1,33	6,64	665
2	1,73	1,40	7,00	700
3	1,68	1,36	6,80	680
4	1,53	1,24	6,20	620
5	1,38	1,12	5,60	560
6	1,71	1,39	6,94	695
7	1,70	1,38	6,88	690
8	2,06	1,67	8,36	835
9	2,10	1,70	8,52	850

Для устройства надстроек с малоуклонными кровлями разработаны следующие типы ферм на металлических зубчатых пластинах (рис. 4, а...ж):

- 10 тип – односкатная трапецевидная ферма;
- 11 тип – 3-х скатная ферма;
- 12 тип – двускатная ферма с треугольной решеткой и стойками;
- 13 тип – двускатная ферма с треугольной решеткой;
- 14 тип – ферма с параллельными поясами;
- 15 тип – арочная ферма с раскосной решеткой и стойками;
- 16 тип – арочная ферма с треугольной решеткой и стойками.

Фермы типов 13...16 разработаны в Республике Беларусь СООО «Каркасные строительные технологии»; ферма 12 типа – в Российской Федерации; фермы 10...11 типов – в США.

Основные технико-экономические показатели ферм 10...16 типов представлены в таблице 2.

Из анализа технико-экономических показателей таблицы следует, что фермы 11 и 15 типов – равноэкономичны, так как их показатели отличаются всего лишь на 1 %. Для фермы 15 типа соответственно меньше, чем для фермы 12 типа: расход пиломатериалов на 21,3 %, трудоемкость изготовления на 21,2 %, масса конструкции на 21,2 %. Стоимость ферм на МЗП (по данным СООО «Каркасные технологии» с покрытием FENAX) составляет: простые фермы – 15...20 у.е. на 1 м² горизонтальной проекции крыши; фермы средней сложности – 20...25 у.е. на 1 м² горизонтальной проекции крыши; сложные фермы – 25...40 у.е. на 1 м² горизонтальной проекции крыши.

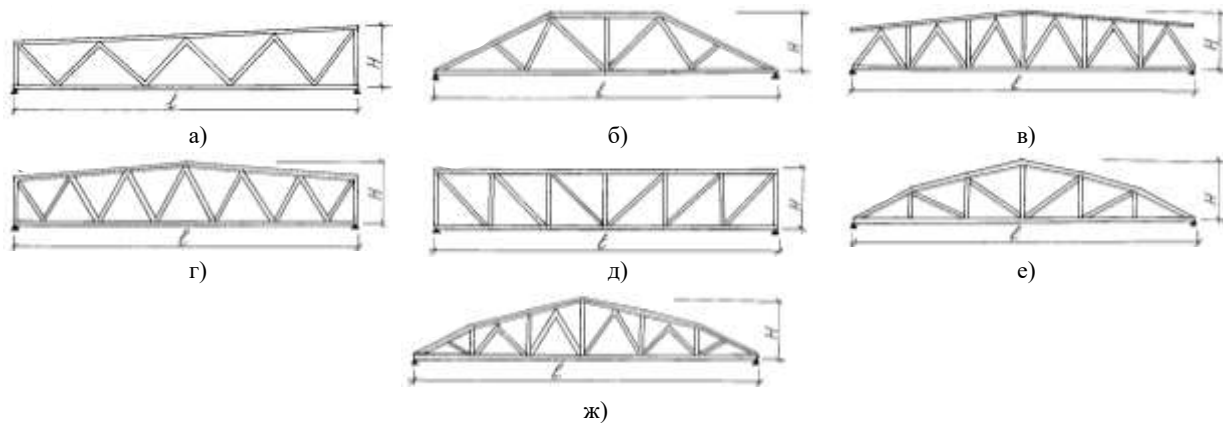


Рис. 4. Основные типы деревянных ферм на металлических зубчатых пластинах для малоуклонных кровель: а – тип 10; б – тип 11; в – тип 12; г – тип 13; д – тип 14; е – тип 15; ж – тип 16

Таблица 2

Основные технико-экономические показатели ферм для малоуклонных кровель на одну конструкцию при пролете 12 м

Тип конструкции	Основные технико-экономические показатели			
	Расход пиломатериалов, $V_{п}$, м ³	Объем конструкции «в деле», $V_{д}$, м ³	Трудоёмкость изготовления, $T_{ил}$, чел.-ч	Масса конструкции, G, кг
10	1,97	1,60	8,00	800
11	1,90	1,54	7,70	770
12	2,44	1,98	9,90	990
13	2,07	1,68	8,40	840
14	2,42	1,96	9,80	980
15	1,92	1,56	7,89	780
16	2,34	1,88	9,40	940

Заключение. Фермы на металлических зубчатых пластинах можно рекомендовать к применению при строительстве надстроек, так как это позволит сократить его сроки, а также уменьшить себестоимость при сохранении качества. Вопрос об эффективности применения того или иного типа ферм можно окончательно решить после уточнения стоимостных показателей каждого из них.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котлов, В.Г. Деревянные конструкции с узловыми соединениями на металлических зубчатых пластинах / В.Г. Котлов, С.Л. Машинова // Промышленное и гражданское строительство. – Новополоцк, 2003. – С. 53.
2. Двускатная ферма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yandex.ru/> Двускатная ферма.
3. История развития конструкций на МЗП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yandex.ru/>
4. ООО РАСКО – Строительство мансард, коттеджей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yandex.ru/> Дощатые стропильные конструкции с соединениями на металлических зубчатых пластинах.
5. Способы крепления деревянных строительных ферм для крыши [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yandex.ru/> Металлические зубчатые пластины, уголки и саморезы.
6. Строительство и недвижимость [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yandex.ru/> Металлические зубчатые пластины типа Арпад.
7. Сарычев, В.С. Методические рекомендации по технико-экономической оценке клееных деревянных конструкций / В.С. Сарычев, А.В. Калугин. – М.: ВНИИИС. – 1981. – № 2718. – 82 с.
8. 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» для студ. спец. 2903 дн. и заоч. форм обуч. / Р.М. Платонова, Л.Н. Галушкова. – Новополоцк, 1994. – 23 с.
9. Калугин, А.В. Деревянные конструкции: учеб. пособие (консп. лекц.) / А.В. Калугин. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 224 с.

Поступила 07.05.2007