

## К ПРИМЕНЕНИЮ ЧАСТОРЕБРИСТЫХ ПЛИТ ИЗ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ ТИПА МІС В ПОКРЫТИЯХ ЖИЛЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

*Уласевич В. П., Сидорук А. В.*

### *Аннотация*

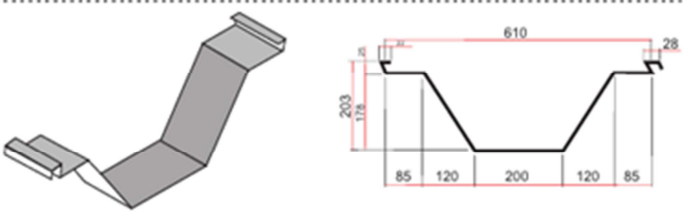
Приведена краткая характеристика цилиндрических часторебристых сводов-оболочек из стальных тонкостенных холодноформованных профилей (СТХП). Изложена особенность технологии их изготовления на мобильных комплексах автоматических строительных машин (АСМ) корпорации МІС Industries Inc (США) в виде плоских и арочных СТХП типа МІС-120 и МІС-240 для строительства бескаркасных арочных зданий.

Изложена постановка задач для обоснования возможности и эффективности применения часторебристых плит из СТХП типа МІС-120 и МІС-240 в конструктивных схемах покрытий жилых и производственных зданий. Указано, что для обоснования эффективности их применения необходимо осуществить широкомасштабные теоретические и экспериментальные исследования, позволяющие осуществить поиск эффективных конструктивных схем, а также разработать методику оценки НДС их расчетных моделей. Показана целесообразность применения прямолинейных часторебристых плит из СТХП в конструктивных схемах покрытий жилых и производственных зданий.

**Введение.** Капитальное строительство гражданских и промышленных зданий чаще всего сопровождается существенными материальными и временными затратами, необходимыми для их возведения. Опыт строительства зданий и анализ выполненных работ по обследованию несущих конструкций зданий указывает на то, что общие их затраты в условиях длительной эксплуатации существенно зависят от затрат на покрытие и кровлю. Так, по данным [1], при усредненном сроке службы фундаментов, каменных стен и железобетонных перекрытий в 150 лет, кровля из рулонных материалов в 2÷3 слоя может эксплуатироваться без ремонта не более 12 лет.

В настоящее время в строительстве во многих странах мира получили широкое распространение цилиндрические часторебристые своды-оболочки из стальных тонкостенных холодноформованных профилей (СТХП). Этому способствовали автоматизированные технологии, разработанные в настоящее время рядом зарубежных фирм для изготовления СТХП из рулонной тонколистовой оцинкованной стали, предназначенных для строительства бескаркасных арочных зданий. Мировым лидером здесь является корпорация МІС Industries Inc (США) с ее производством мобильных комплексов автоматических строительных машин (АСМ), позволяющих готовить СТХП в две стадии: на первой – изготавливается прямолинейный профиль; на второй – прямолинейный профиль изгибается по заданному радиусу кривизны [2], [3]. Особенность профилей МІС, отличающая их от традиционных профилированных настилов, – наличие фальцевых кромок, позволяющих соединять профили между собой по длине закаткой фальцевого замка в часторебристую свод-оболочку или плиту с

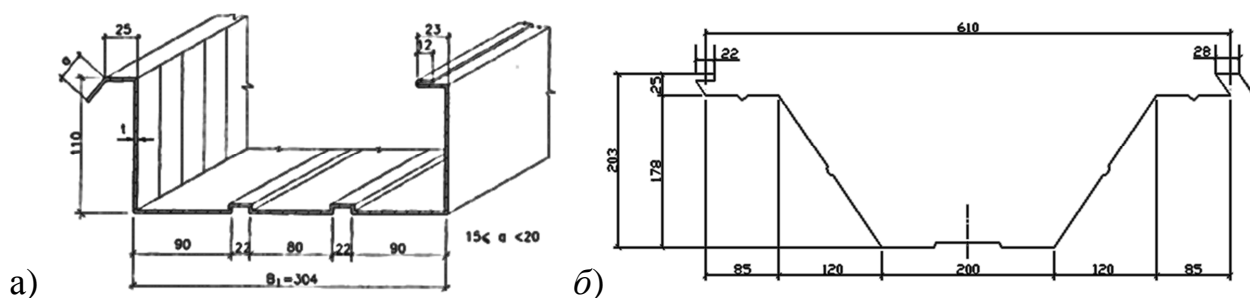
помощью забортовочной машины, входящей в комплект АСМ, и технология их изготовления непосредственно на строительной площадке на специальном технологическом оборудовании (рисунок 1).

Профиль	
Ширина законченной панели	60 см
Наименьший пролет	15 м
Наибольший пролет	36 м
Ширина стальной полосы	от 90,80 см до 91,44 см
Толщина стали	от 0,737 до 1,524 мм

*Рисунок 1 – К изготовлению СТХП типа МІС-240 из листовой стали*

Оборудование и технологии МІС разрабатывались для строительства бескаркасных арочных зданий и первоначально получили распространение в армии США для строительства всевозможных укрытий в виде бескаркасных арочных зданий, но в последующем стали широко использоваться почти во всех отраслях народного хозяйства в качестве построек всевозможного производственного и сельскохозяйственного назначения.

Корпорацией МІС были разработаны и до настоящего времени успешно используются два типа СТХП: корытообразный профиль МІС-120 и трапецидальный МІС-240 (рисунок 2) прямолинейного и криволинейного очертания.



*а) профиль МІС-120; б) профиль МІС-240*

*Рисунок 2 – Схема сечений прямолинейных СТХП типа МІС*

Эффективность и надежность их настолько обоснована и подтверждена практикой строительства, что в РФ, КНР и других странах создано оборудование в виде аналогов АСМ, позволяющее изготавливать профили типа МІС [4,] [5], [6]. Постоянно совершенствуются методы оценки их напряженно-деформированного состояния (НДС).

**Профили типа МІС в покрытиях зданий.** Широкое применение СТХП типа МІС в строительстве бескаркасных арочных зданий получили благодаря

ряду преимуществ в сравнении с другими строительными конструкциями и технологиями. Важнейшие из них:

- высокие темпы строительства и достаточно низкая себестоимость;
- изготовление и монтаж непосредственно на стройплощадке;
- высокая несущая способность бескаркасного часторебристого арочного свода;
- совмещение несущих и ограждающих функций арочного свода;
- низкая стоимость фундамента под бескаркасное здание;
- повышенная долговечность в процессе эксплуатации (40 ÷ 50 лет).

Указанные преимущества стимулировали проектировщиков обратить внимание на возможность применения технологии строительства бескаркасных зданий из СТХП в строительстве покрытий традиционных жилых и производственных зданий.

Однако применение арочных часторебристых сводов из СТХП (в том числе и из профилей типа МІС) в покрытиях зданий требует учета своих особенностей их работы:

– для покрытий зданий применяют пологие часторебристые своды из СТХП с отношением стрелы подъема  $f$  к пролету  $l$  в пределах  $f/l=(1/8 \div 1/12)$ , что повышает их деформативность, порождающую геометрическую нелинейность в статической работе свода;

– пологость арочного свода порождает значительную величину распора (горизонтальной составляющей опорной реакции), воспринять который на высоте здания достаточно сложно в сравнении с передачей его на фундамент бескаркасного арочного здания.

Для оценки надежности таких конструкций предлагается использовать *деформационный метод расчета его стержневой модели*, включающий в себя геометрически нелинейную модель статического расчета и расчетную модель сопротивления поперечного сечения [7], реализованного в компьютерной программе. Возможность применения его показана нами в [8], [10] благодаря численным исследованиям сложных нелинейных конечно-элементных моделей арочных часторебристых сводов, выполненных в среде программного комплекса MSC.NASTRAN. Результаты их анализа позволили установить величины сдвиговой жесткости свода, учет которых дает возможность облегчить восприятие распора в виде сплошной нагрузки участками опорных конструкций покрытия между закрепленными точками (путем установки затяжек, креплением к перекрытию или другими конструктивными способами) [9].

**Часторебристые СТХП типа МІС в покрытиях зданий.** Часторебристые плиты из прямолинейных СТХП типа МІС-120 и МІС-240 изготавливаются на мобильных комплексах автоматических строительных машин (АСМ) корпорации МІС Industries Inc (США) как промежуточная продукция, из которой в последующем изготавливаются арочные профили для монтажа их в бескаркасные часторебристые арочные здания. В покрытиях зданий бескаркасные арочные профили нашли свое применение как конструктивная форма в виде пологих часторебристых сводов-оболочек. При этом, прямолинейные часторебристые СТХП используются главным образом для устройства торцовых стен арочных зданий. Из них монтируется сплошная самонесущая часторебристая плита на

всю ширину торца здания, способная не только воспринимать расчетное воздействие ветровой нагрузки, но и выполнять ограждающие функции от атмосферных воздействий в виде дождя и снега.

В этой связи представляет научный интерес поиск конструктивных схем покрытий с использованием часторезбистых плит из СТХП типа МІС-120 и МІС-240 в качестве конструкций покрытий и кровли, совмещающих в себе несущие и ограждающие функции.

Сказанное позволяет считать, что для оценки возможности и эффективности применения в конструктивных схемах покрытий зданий часторезбистых плит из СТХП необходимо решить следующие задачи:

- выполнить поиск и исследовать расчетные модели НДС конструктивных схем покрытий с использованием часторезбистых плит из СТХП типа МІС-120 и МІС-240 толщиной профиля в пределах  $0.6 \div 1.5$  мм;

- разработать ряд конструктивных схем с использованием часторезбистых плит из СТХП типа МІС-120 и МІС-240, наиболее целесообразных для применения в покрытиях гражданских и производственных зданий с учетом их соединения с опорными конструкциями несущих стен или каркаса здания;

- разработать конечно-элементные модели для часторезбистых плит из СТХП типа МІС-120 и МІС-240 и выполнить их расчет с использованием вычислительного комплекса MSC.NASTRAN с целью оценки эффективности их сдвиговой жесткости и повышенной деформативности, методика которой апробирована в [8];

- показать целесообразность и возможность оценки НДС часторезбистых плит из СТХП типа МІС-120 и МІС-240, используемых в конструктивных схемах покрытиях жилых и производственных зданий, методом расчета их расчетных моделей, построенном на теории деформационного расчета однопоясных распорных систем из гибких стержней [7] и методике оценки их напряженно-деформированного состояния по Еврокоду 3, возможность применения которого показана в [9], [10].

Результаты некоторых задач из перечисленного перечня решены и будут изложены в докладе на конференции. Однако в целом для решения всего перечня поставленных задач предстоит большой объем теоретических и экспериментальных исследований.

В случае успешного решения всех указанных выше задач открывается возможность разработать деформационный метод оценки НДС конструктивных схем покрытий повышенной деформативности с использованием часторезбистых плит из СТХП, рассматривая их как прямолинейные распорные системы из гибких стержней с учетом проявления ими в деформированном равновесном состоянии геометрической нелинейности, а также возможности потери ими общей и местной устойчивости тонкостенных сечений.

**Заключение.** В статье показана перспективность теоретических и экспериментальных исследований, направленных на разработку конструктивных схем покрытий жилых и производственных зданий с использованием часторезбистых стальных тонкостенных холодногнутых профилей (СТХП) для покрытий жилых и производственных зданий, способных совмещать в себе несущие и ограждающие функции. Показаны задачи, которые должны быть при этом решены, намечены пути и методики для их решения.

### Список цитированных источников

1. Рогонский, В. А. Эксплуатационная надежность зданий / В. А. Рогонский [и др.] – Ленинград : Стройиздат. Ленинградское отделение, 1983. – 280 с.
2. Evaluation of K-Span as a Rapidly Erectable Lightweight Mobilization Structure. Construction Engineering / US Army Corps of Engineers Construction Engineering Research Laboratory; D. Briassoulis, A. Kao, S. Sweeney. – Champaign, 1991. – 64 p. – TR M-91/06.
3. M.I.C. Industries [Electronic resource]. – 2014. – Mode of access: <http://www.micindustries.com/>. – Date of access: 09.12.2015.
4. Оборудование для бескаркасного арочного строительства «СФЕРА» компании «Ажур-сталь». – [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.azhurstal.ru/>. – Дата доступа: 10.11.2011.
5. Строительство бескаркасных арочных сооружений на оборудовании «Радуга МБС». – [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.raduga-mbc.ru/>. – Дата доступа: 21.11.2011.
6. Мобильный профилегибочный комплекс для профессионального производства бескаркасных арочных конструкций «Арка - 610». – [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://arkarussia.ru/pdf/Catalog.pdf>. – Дата доступа: 15.08.2014.
7. Уласевич, В. П. Деформационный расчет и исследование напряженно-деформированных состояний пологих одноярусных распорных систем: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 01.02.03 / В. П. Уласевич. – Москва : ЦНИИСК им. Кучеренко, 1984. – 24 с.
8. Сидорук, А. В. Численные исследования работы на сдвиг пологих сводов из стальных тонкостенных холодногнутых профилей типа МІС / А. В. Сидорук, В. П. Уласевич // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства: сборник научн. Статей. – Гродно : ГрГУ им. Я.Купалы, 2016. – С. 59–64.
9. Уласевич, В. П. Деформационный расчет бескаркасных арочных покрытий из стальных тонкостенных холодногнутых профилей / В. П. Уласевич, Д. А. Жданов // Вестник БрГТУ. – 2015. – № 1(91): Строительство и архитектура. – С. 66–73.
10. Уласевич, В. П. К оценке деформационной модели расчета пологих арочных сводов-оболочек из стальных тонкостенных профилей типа МІС / В. П. Уласевич, Д. А. Жданов, А. В. Сидорук // Теория и практика исследований и проектирования в строительстве с применением САПР : сборник статей Международной научно-технической конференции, Брест, 30-31 марта 2017 г. / БрГТУ; редкол.: Семенюк С.М. [и др.]. – Брест, 2017. – С. 161–168.