

УДК 692.48

А. С. Полевщиков, Л. В. Елькина, М. Н. Крупин

ПЕРФОРИРОВАННЫЕ БАЛОЧНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

В работе рассматривается вопрос проектирования архитектур универсальных машин логического вывода (МЛВ) – специализированных вычислительных устройств символической обработки данных, способных осуществлять логический вывод посредством группы методов. В основе организации архитектуры лежит концепция абстрактного исполнителя, реализующего акторную модель логико-поточковых вычислений, что позволяет при минимальных аппаратных затратах обеспечить поддержку свойственных методам логического вывода крайне высокой степени параллелизма. С точки зрения конечного пользователя подобная МЛВ является виртуальной машиной с перестраиваемой архитектурой, в которой конкретный применяемый метод определяется посредством микропрограммного управления с учетом особенностей формальной постановки решаемой задачи, а процесс выбора метода не требует внесения изменений в архитектуру машины. Отмеченные особенности позволяют использовать универсальную МЛВ специалистам, не являющимся экспертами в разработке систем логического вывода, для решения актуальных задач из различных областей человеческой деятельности.

Ключевые слова: балки с перфорированной стенкой, двутавр, арка.

Высокие темпы строительства общественных и производственных зданий с новыми, а зачастую, просто уникальными архитектурными формами, требуют применения новых быстровозводимых конструкций. Поэтому, на наш взгляд, работы по увеличению внедрения металлоконструкций представляются особенно важными. Учитывая современное состояние теории и практики металловедения, и принимая во внимание экспериментальные факты в этой области, можно сказать, что одной из актуальных задач капитального строительства является повышение эффективности конструкций на основе совершенствования конструктивных форм и методов их расчета [1, 2].

Если учесть, что к настоящему времени рост стоимости проката в 4–6 раз превышает рост стоимости рабочей силы, то целесообразно снижение веса конструкции за счёт более тщательного проектирования, допуская приемлемое усложнение изготовления. Это в полной мере относится к проектированию сжато-изогнутых перфорированных элементов, рассчитанных с учётом их пластической работы.

Двутавровые стержни с перфорированной стенкой относятся к элементам с более эффективной в некоторых случаях конструктивной формой по сравнению с двутаврами со сплошной стенкой [3, 4]. Такие элементы находят широкое применение в конструкциях различного назначения: балки, стойки, рамы, арки и т.п. Эффективность их использования обоснована увеличением значений моментов инерции (до 1,5 раз) при сравнительно малой площади поперечного сечения. Расход металла в перфорированных элементах меньше на 20...30% по сравнению с прокатными двутаврами и дешевле на 10...18%. В сравнении со сварными составными двутаврами, трудоемкость изготовления перфорированных меньше на 25...35%.

Перфорированные элементы по своей конструктивной особенности предназначены для загрузки их в плоскости стенки. Однако, учитывая допуски на изготовление и монтаж, которые эквивалентно приводятся к случайным эксцентриситетам нагрузок из плоскости загрузки, то при любом их нагружении они будут испытывать пространственные деформации, которые необходимо учитывать при оценке их устойчивости.

В строительных сооружениях, таких как мосты и многоэтажные административные комплексы, торговые центры и многоярусные гаражи, спортивные сооружения и аквапарки, широко применяются перфорированные балки и арки, изготавливаемые по безотходной технологии из прокатных и сварных двутавровых профилей. Распространение получили балки с восьмиугольными, круглыми и овальными, шестиугольными и реже прямоугольными вырезами с однорядной перфорацией стенки, применяемые в качестве балок перекрытий, где отверстия

в них используются для пропуска коммуникаций, а также в качестве кран-балок, используемых в производственных цехах. В последние годы стали применяться балки с двухрядной перфорацией стенки шестиугольными вырезами [1, 5].

Наиболее часто проектируемой перфорированной конструкцией является балка, работающая на изгиб. Однако в практике строительства успешно себя зарекомендовали ригели одноэтажных рам, верхние пояса стропильных ферм, верхние части колонн производственных зданий, арки, рамы, элементы градирен и другие конструкции, работающие на внецентренное нагружение или сжатие (растяжение) с изгибом. В настоящее время за рубежом весьма популярно использование перфорированных элементов в качестве ригелей каркасов многоэтажных зданий (так называемые «smartbeams»). В этом случае применение перфорированных двутавров целесообразно не только из-за экономии стали, но и с целью возможности размещения и пропуска различных коммуникаций через отверстия в стенке балок междуэтажных перекрытий и покрытий.

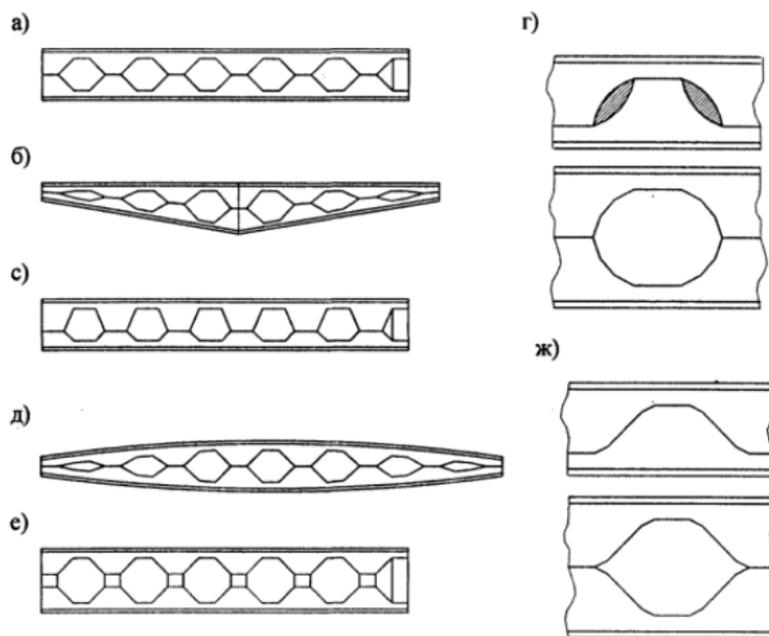


Рис. 1. Конструктивные решения перфорированных балок

- а) с симметричной резкой стенки; б) с наклонным резом стенки;
 в) с асимметричным резом стенки; г) рез с отходом; д) с криволинейным резом;
 е) со вставками; ж) рез с закруглениями в углах.

Разработка новых балок с перфорированной стенкой предъявляет к ним повышенные требования. Вместе с тем, традиционное проектирование, основанное на интуитивно-эмпирическом подходе, исходя из уровня знаний конструктора, не удовлетворяет в полной мере ужесточившимся требованиям к созданию оптимальных металлических конструкций (например, минимальному весу и повышению показателей надежности и т. д.), что особенно заметно на примере балок с перфорированной стенкой, показатели качества которой, начиная с 1970-х годов, по существу не улучшаются. В связи с этим существующие конструкции имеют небольшой ресурс и наработку на отказ. Ситуация осложняется отсутствием единого научно обоснованного подхода к проектированию балок с перфорированной стенкой (БПС), что приводит к неоправданно низкому качеству конструкций. Кроме того, проявляется тенденция к значительному уменьшению сроков проектирования БПС, которая наряду с указанными факторами вызывает необходимость автоматизации процесса проектирования БПС.

Одним из выходов из сложившейся ситуации является разработка и применение новых развивающихся методик проектирования, позволяющих генерировать множество различных технических решений и проводить целенаправленный их поиск и выбор.

Работу арочных конструкций исследовали М. Гринспен, Ф. Блейх, С. П. Тимошенко, В. М. Калущин, А. Р. Ржаницин, Н. С. Стрелецкий, В. В. Бирулев, В. В. Горев, М. П. Забродин, М. М. Копытов и др. Они занимались изучением устойчивости сквозных стержней, методами расчета и расчетными моделями.

Несмотря на большое количество работ по данной тематике, все они рассматривают загрузку сквозных элементов только в плоскости соединительных связей. В реальных же строительных конструкциях, как уже отмечалось, двутавровые перфорированные элементы всегда работают по пространственно-деформированной схеме. Случайные эксцентриситеты приложения

силы из плоскости стенки определяются в зависимости от расчетной длины стержня и радиуса инерции сечения.

Можно также изготавливать перфорированные арки только с малой кривизной. Подбирая соответствующие размеры гребней для верхней и нижней частей, после их изгибания по шаблону части собирают и сваривают. Разрезанные части легко поддаются изгибанию. Возможно при этом создание арок небольшой кривизны [4].

Можно изготавливать балки различных поперечных сечений, используя для этой цели горячекатаные профили, разрезанные вдоль ломаных линий. Соединяют части, полученные из разных профилей и с различными размерами. Можно также проектировать элементы с различной формой отверстий. Формы поперечных сечений и связанных с этим отверстий зависят от назначения элементов в конструкции: например, прогоны надкарнизные или световых и аэрационных фонарей, подвергающихся внецентренной нагрузке или являющихся частью составных балок, сжатый пояс которых соединен с железобетонной плитой.

Перфорированные элементы, изготовленные по вышеописанным способам, имеют высоту, ограниченную величиной исходных профилей, и такую высоту гребней, при которой пояса готовой балки не были бы слишком слабыми. Балки большей высоты получают разрезанием профиля по прямой линии и соединением полученных таким образом частей с помощью соединительных планок из листового металла. В этом случае разрезание исходного профиля – легкий процесс, но суммарная длина швов, прокладываемых при изготовлении таких балок, в 2 раза больше, чем в балках, описанных выше. Половинки профилей гибкие, и балка деформируется здесь больше во время сварки вследствие действия термических напряжений. Когда пояса неодинаковые, соединительные планки выполняют трапециевидной формы. Момент, нагружающий соединительную планку у кромки более широкого пояса, больше, поэтому она должна иметь здесь больший момент сопротивления. В таком решении отверстия не прямоугольны.

Еще один способ формирования перфорированных элементов. Между гребнями двутавров, разрезанных вдоль ломаной линии, вставлены соединительные планки из листового металла, которые могут иметь разные размеры. В этом решении отверстия имеют форму восьмиугольников. Такая форма по сравнению с решением на рис. 1,а позволяет сократить высоту планок, а следовательно, уменьшить в них изгибающие моменты. Кроме того, в месте соединения стенки балки с поясом возрастает момент сопротивления.

При больших нагрузках может оказаться, что пояса и стенка балки при решении, изображенном на рис. 1,е слишком слабы. Тогда балки следует изготавливать другими способами, например, по предлагаемому в авторском свидетельстве № 1231170 «Способ изготовления облегченных металлических балок» БИ №18 от 15.05.86. Перфорированный стальной элемент по сравнению с исходным прокатным профилем, имеет лучшие показатели по расходу металла и стоимости при сопоставимой несущей способности. В связи с этим, перспективным направлением в развитии конструкций является реализация потенциальных возможностей перфорированных балок.

В проектировании и строительстве сравнительно часто применяются перфорированные элементы, работающие на внецентренное нагружение или сжатие (растяжение) с изгибом, например в верхних поясах стропильных конструкций, ригелях одноэтажных рам и многоэтажных зданий, верхних частях колонн производственных зданий, элементах градирен и мостов, путях подвесных кран-балок и др.

Несмотря на достаточно широкое применение, расчёт таких конструкций производится приближёнными методами, чаще всего в упругой стадии работы. При этом истинные запасы прочности недоучитываются. Выявление резервов несущей способности перфорированных элементов с учётом их пластической работы могло бы существенно повысить эффективность использования этих кон-

струкций. Оптимизация геометрических параметров перфорации стала бы следующим этапом к снижению металлоемкости и реализации потенциальных возможностей перфорированного стержня [3, 5].

В связи с этим, разработка методики расчёта перфорированных стержней с учётом их пластической работы при различных сочетаниях усилий, а также оптимизация параметров реза стенки является актуальными.

Список литературы

1. *Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатьева В. С.* Металлические конструкции. М.: Стройиздат, 2007. 683 с.
2. *Белый Г. И., Дарипаско В. М.* Предельные состояния в сечениях двутаврового элемента с перфорированной стенкой // Тр. молодых ученых. СПб., 1999. Ч. 1. С. 48–52.
3. Металлические конструкции: в 3 т. Конструкции зданий: учеб. для строит. вузов / В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В. В. Филиппов, Г. И. Белый и др.; под ред. В. В. Горева. 2-е изд., испр. М.: Высш. шк., 2002. 528 с.: ил.
4. *Волоцкой А. Н.* Обзор и опыт проектирования облегченных арок из стальных прокатных профилей с перфорацией // Общество, наука, инновации (НПК – 2016): науч. изд.: Всерос. ежегод. науч.-практ. конф., 18–29 апреля 2016 г. Киров, 2016. С. 513–518.
5. Проектирование металлических конструкций: специальный курс: учеб. пособие для вузов / В. В. Бирюлев, И. И. Котин, И. И. Крылов, А. В. Сильвестров. Л.: Стройиздат, 1990. 432 с.

ПОЛЕВЩИКОВ Александр Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры и градостроительства, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: polevshikov@vyatsu.ru

ЕЛЬКИНА Людмила Васильевна – старший преподаватель кафедры архитектуры и градостроительства, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail:kaf_arh@vyatsu.ru

КРУПИН Михаил Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры и градостроительства, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: kaf_arh@vyatsu.ru