

Разработка положений расчета конструкций из растянутых элементов пултрузионных профилей

И.Н. Паламарчук, С.В. Скачков, М.О. Онуфриев, А.И. Жигульский

Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Быстрое развитие инфраструктуры способствует развитию строительных технологий и материалов. На сегодняшний день помимо классических строительных материалов появились совершенно новые технологичные композиты – пултрузионные профили. Данные материалы имеют массу преимуществ по сравнению с классическими материалами, но данный продукт так же имеет огромный недостаток – не изученность. На сегодняшний день нет широко принятых проектных норм или инструкций доступных для практикующих инженеров-проектировщиков. Как следствие, сейчас большинство строительных проектов опирается на проектные пособия производителей, которые зачастую неполны и слишком осторожны. Целью данной статьи является разработка положений расчета конструкций пултрузионных профилей.

Ключевые слова: пултрузионные профили, растянутые элементы, расчет растянутых элементов.

Введение

Пултрузионные профили все больше используются в промышленных и гражданских сооружениях как альтернатива традиционным материалам из-за своих свойств: высокой прочности, низкого собственного веса, быстрого времени монтажа, низких требований к эксплуатации и увеличенному ресурсу. Несмотря на эти преимущества, есть несколько факторов, мешающих широкому распространению пултрузионных профилей в гражданском строительстве. Один из них – это недостаток широко общепринятых проектных норм. В данной статье рассмотрены положения расчета растянутых элементов конструкций из пултрузионных профилей.

Теоретическая часть

Ограниченный срок службы конструкций, сделанных из традиционных материалов, и стоимость их последующего ремонта, которая существенно увеличивается в последние несколько лет, стимулируют развитие новых строительных материалов, которые менее подвержены коррозии, их легче и

проще монтировать [1]. В этих обстоятельствах, за два последних десятилетия, пултрузионные профили нашли увеличивающееся число применений в зданиях и мостах, как и в новых сооружениях, так и при реконструкции изношенной инфраструктуры [2]. Пултрузионные профили имеют большие перспективы как конструктивный материал, демонстрирующий несколько преимуществ перед традиционными материалами из-за своего высокого отношения прочности к весу, низкому собственному весу, электромагнитной прозрачности, возможности производства любых сечений, простоты в установке и неприхотливости в эксплуатации и увеличенном сроке службы в агрессивных средах [3]. Помехой, вдобавок к начальным капиталовложениям, недостатку конкурентоспособности для большинства применений и озабоченности относительно их работы под воздействием огня, служит то, что все еще нет четко принятых проектных норм или инструкций, доступных для практикующих инженеров-проектировщиков [4]. Как следствие, сейчас большинство строительных проектов опирается на проектные пособия производителей, которые зачастую неполны и слишком осторожны [5].

Положения данной статьи применяются к конструкциям, состоящим из элементов пултрузионных профилей, растянутых через центр тяжести сечения по длине элемента. Эти элементы, растянутые параллельно продольной оси, не проходящей через центр тяжести, должны быть рассчитаны на комбинированное растяжение и другие нагрузки [6]. Положения этой статьи применимы к случаям, когда напряжение возникает от приложения нагрузки, действующей параллельно продольной оси элемента, а не перпендикулярно ей. Эта статья не распространяется на конструкцию пултрузионных профилей с однонаправленным армированием, таких, как стержни. Расчеты не применяются к элементам, усиленным сшитыми тканями [7].

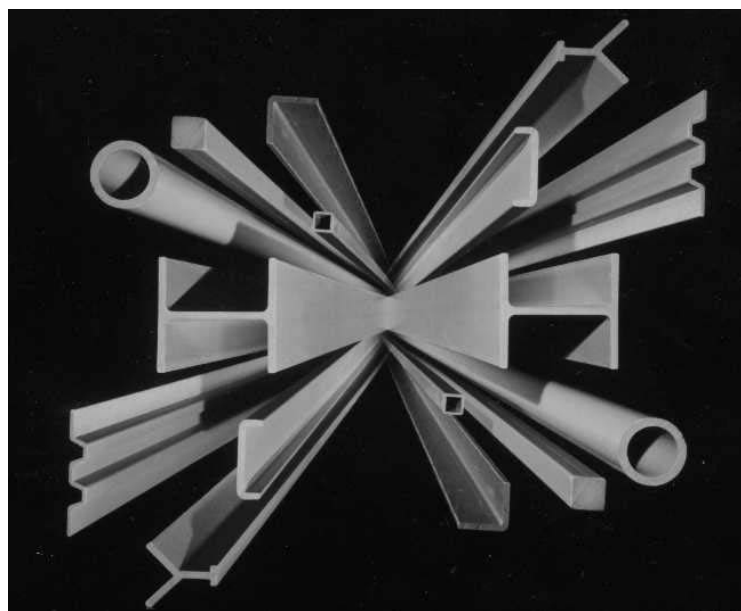


Рис. 1 – Пултрузионные профили

Напряжение элемента с осевым растяжением должно удовлетворять следующему уравнению:

$$P_u \leq \lambda \varphi P_n,$$

где P_u – величина фактических усилий от осевого растяжения; P_n – нормативное усилие от растяжения; λ – коэффициент учитывающий время работы конструкции; φ – коэффициент сопротивления разрушению участка материала при растяжении, принимается за 0,65 [8].

Нормативное усилие растянутого элемента должно удовлетворять условиям следующих предельных состояний:

(а) Для разрыва при растяжении в сплошной части:

$$P_n \leq F_n A_g,$$

(б) Для разрыва при растяжении в части с технологическими отверстиями:

$$P_n \leq 0,7 F_n A_e,$$

где F_n – нормативная прочность на разрыв; A_g – общая площадь поперечного сечения; A_e – эффективная чистая площадь поперечного сечения [9].

В сложном растянутом элементе, состоящем из двух или более пултрузионных профилей, расстояние между соединениями данных профилей должно удовлетворять выражению:

$$L/i < 300,$$

где L – длина свободного элемента в поперечном направлении; i – наименьший радиус инерции поперечного сечения [10].

Крепление элемента, отвечающего требованиям прочности и состоящего из двух или более пултрузионных профилей, должно быть выполнено при помощи болтов и клея. Использование только адгезивов для растянутых элементов не допускается [11]. Минимальная длина соединения должна превышать не менее чем в два раза максимальную ширину элемента.

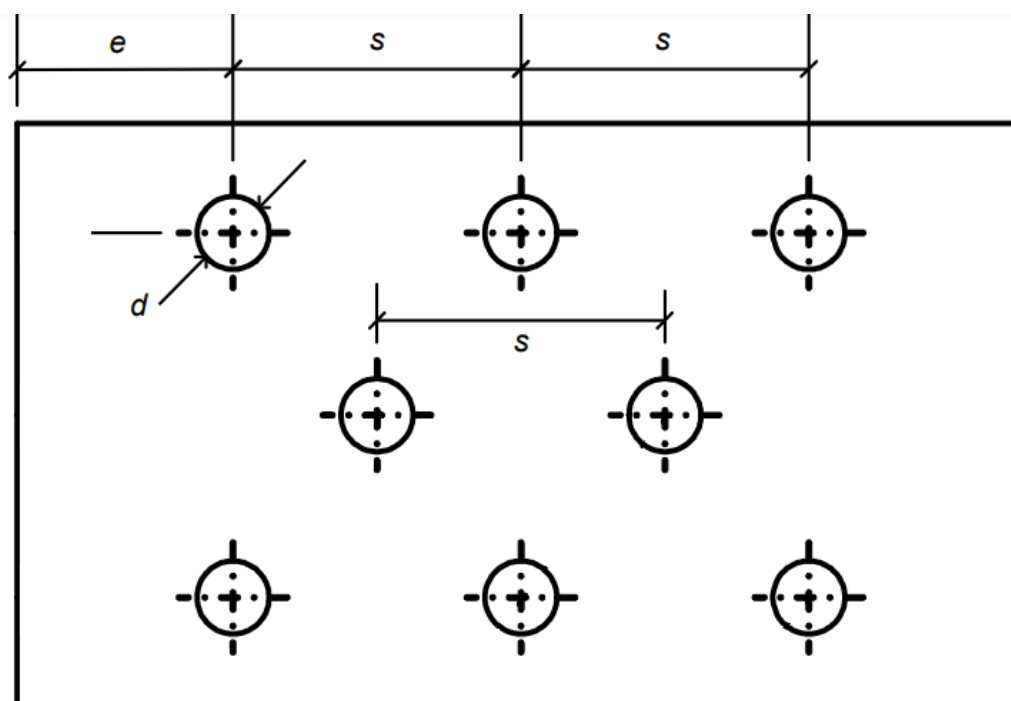


Рис. 2 – Расположение болтов крепежа

Минимальной длиной пластины крепления двух соседних элементов при болтовом соединении является:

$$l = 2e + s(n-1),$$

где l – длина пластины крепления; s – расстояние между отверстиями; e – расстояние между крайним отверстием и кромкой пластины крепежа; n – количество болтов в ряду [12].

При расположении болтов в один ряд:

$$s = 2d,$$

при расположении болтов в два или три ряда:

$$s = 4d,$$

d – номинальный диаметр болта.

Заключение

Таким образом, в связи с недостаточно частым использованием рассмотренной технологии в строительстве отсутствуют четкие нормативы и рекомендации по проектированию конструкций из пултрузионных профилей. В свою очередь, малое применение пултрузионных профилей обусловлено отсутствием нормативной базы. Но данная технология распространяется все шире и, возможно, в скором времени займет свою нишу, потеснив традиционный материал: сталь.

Литература

1. Мэттьюз Ф., Ролингс Р. Мир материалов и технологий. - М.: Техносфера, 2004. - 406 с.
2. Шишонок М. В. Современные полимерные материалы. - Минск: Высшая школа, 2017. - 287 с.
3. Creative Pultrusions, Inc The Pultex Pultrusion Design Manual. Creative Pultrusions, Inc, 2017. - 270 p.
4. Зиновьев Петр Оптимальное проектирование композитных материалов. - М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2006. - 104 с.
5. Трещалин Ю. М. Композиционные материалы на основе нетканых полотен. - М.: ЛитРес, 2015. - 221 с.

6. Казармщиков И. Производство основных конструкционных материалов. - Оренбург: 2008. - 279 с.
7. Паламарчук И.Н. Пултрузионные профили преимущества перед стандартными строительными материалами применение // - Таганрог: Аэтерна, 2019. - С. 47.
8. Фахрутдинов А.Э. Арипов Д.Н. Несущие конструкции сооружений из пултрузионных стеклопластиковых профилей // Всероссийская научно-техническая конференция. - М.: 2019. - С. 327.
9. Киселев М. В., Трещалина А. В., Мухамеджанов Г. К., Трещалин М. Ю., Трещалин Ю. М. Проектирование, производство и методы оценки качества нетканых материалов. - М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2017. - 293 с.
10. Смердов А.А. Основы оптимального проектирования композитных конструкций. - М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2006. - 89 с.
11. Salimova Nigyar, Mamedova Farida Development of technology processing of compositional raw material for production of electrode coke. - Austria, Vienna: 2017. - 25 p.
12. Pre-Standard for Load & Resistance Factor Design (LRFD) of Pultruded Fiber Reinforced Polymer (FRP) Structures. - American Composites Manufacturers Association (ACMA): American Composites Manufacturers Association (ACMA), 2010. - 214 p.

References

1. Mett'yuz F., Rolings R. Mir materialov i tekhnologiy [The world of materials and technology]. М.: Tekhnosfera, 2004. 406 p.
 2. SHishonok M. V. Sovremennyye polimernyye materialy [Modern polymer materials]. Minsk: Vysheyshaya shkola, 2017. 287 p.
 3. Creative Pultrusions, Inc The Pultex Pultrusion Design Manual. Creative Pultrusions, Inc, 2017. 270 p.
-



4. Zinov'yev Petr Optimal'noye proyektirovaniye kompozitnykh materialov [Optimal composite design]. M.: MGTU imeni N.E. Baumana, 2006. 104 p.
 5. Treshchalin YU. M. Kompozitsionnyye materialy na osnove netkanykh poloten [Nonwoven Composite Materials]. M.: LitRes, 2015. 221 p.
 6. Kazarmshchikov I. Proizvodstvo osnovnykh konstruktsionnykh materialov [Production of basic structural materials]. Orenburg: 2008. 279 p.
 7. Palamarchuk I.N. Pultruzionnyye profilya preimushchestva pered standartnymi stroitel'nymi materialami primeneniye [Pultruded profiles advantages over standard building materials] Taganrog: Aeterna, 2019. 47 p.
 8. Fakhrutdinov A.E. Aripov D.N. Vserossiyskaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya. M.: 2019. 327 p.
 9. Kiselev M. V., Treshchalina A. V., Mukhamedzhanov G. K., Treshchalin M. YU., Treshchalin YU. M. Proyektirovaniye, proizvodstvo i metody otsenki kachestva netkanykh materialov [Design, production and methods for assessing the quality of non-woven materials]. M.: MGU imeni M.V. Lomonosova, 2017. 293 p.
 10. Smerdov A.A. Osnovy optimal'nogo proyektirovaniye kompozitnykh konstruktsiy [Basics of the optimal design of composite structures]. M.: MGTU imeni N.E. Baumana, 2006. 89 p.
 11. Salimova Nigyar, Mamedova Farida Development of technology processing of compositional raw material for production of electrode coke. Austria, Vienna: 2017. 25 p.
 12. Pre-Standard for Load & Resistance Factor Design (LRFD) of Pultruded Fiber Reinforced Polymer (FRP) Structures. American Composites Manufacturers Association (ACMA): American Composites Manufacturers Association (ACMA), 2010. 214 p.
-