

УСИЛЕНИЕ СОСТАВНОЙ ДВУТАВРОВОЙ БАЛКИ

Зверев Н.А., магистрант 1 курса

nikita.zverekgood@gmail.com

Орлов А.В. Магистрант 1 курса

al.orlov2002@gmail.com

Аннотация

Зачастую возможности производстве тех или иных строительных материалов, в последствии, влияют на работу конструкции. Ввиду того, что есть материалы с ограничением геометрических размеров, нет возможности сделать конструкцию, которая работает аналогично однородной монолитной без применения тех или иных усилений. Особенно разница несущей способности наблюдается в составных конструкциях. Тенденция к их использованию имеет положительную тенденцию роста, с учетом уменьшения материалоемкости конструкции. Некоторые характеристики материалов в таких конструкциях не учитываются, ввиду недостатка исследований на момент составления метода расчета. Поэтому необходимо применять новейшие методы расчета, которые будут учитывать как характеристики материалов, так и вариации с усилением. К таким конструкциям относятся двутавровые балки со стенкой из ОСП и LVL-посясами

В данной работе произведен обзор исследований по составной балке со стенкой из ОСП и посясами из LVL бруса. Представлены варианты усилений и способы модернизации сечений и производства элементов. Поставлены цели и задачи для проведения исследования по усилению балок.

Ключевые слова: усиление, составная балка, балка с ОСП-стенкой, деревянная балка, деревянные конструкции, LVL брус

Введение

В каркасном деревянном домостроении часто применяются составные двутавровые балки с посясами из LVL и ОСП стенкой (рис.1). За счёт двутаврового сечения данные балки имеют преимущество - высокая несущая способность при относительно небольшом расходе материалов. А то, что сечение составное позволяет скомбинировать преимущества разных материалов, а именно ОСП хорошо работает на сдвиг, а LVL обладает высокой несущей способностью на растяжение. Ввиду того, что есть материалы с ограничением геометрических размеров, нет возможности сделать конструкцию, которая работает аналогично однородной монолитной без применения тех или иных усилений. Необходимо применять новейшие методы расчета, которые будут учитывать как характеристики материалов, так и вариации с усилением.

Цели и задачи исследования

Эффективная работа конструкции обеспечена, когда все элементы работают совместно и разрушаются совместно. Для этого необходимо избавиться от проблем, вызывающих разрушение отдельных элементов или исключающих их совместную работу. Усиление конструкции предполагает улучшение или устранение недостатков конструкции из составных элементов.

Однако, многие способы усиления имеют некоторые недостатки, такие как повышение трудозатрат, увеличение материалоемкости, дороговизна, использование дополнительных деталей и так далее. На основе этого, можно предположить, что эффективно будет разработать конструктивные способы решения выявленных проблем. Главным показателем эффективности конструктивного решения будет увеличение несущей способности самой балки. Кроме того, при определении их эффективности стоит учитывать технико-экономические показатели, такие как, трудоёмкость изготовления, общая стоимость балки и другие.

Цели работы: Оценка несущей способности и технико-экономических показателей, нахождение оптимального варианта усиления и повышения несущей способности балок с посясами из LVL и стенкой из ОСП.

Задачи исследования:

1) Провести критический анализ состояния вопроса по теории и практике применения составных конструкций, комбинированных из материалов на основе древесины, решить существующие проблемы и определить цели и задачи исследований. Данная задача была выполнена в данной статье;

2) Разработать и провести сравнение различных усилений, а также технико-экономическое сравнение различных конструкций двутавровых составных балок на основе численных и теоретических расчетов. Необходимо рассмотреть все потенциально-возможные варианты решения проблем и провести их предварительное сравнение, чтобы отобрать потенциально более подходящие из них;

3) Провести теоретический и числовой расчёты подходящих вариантов. Данные расчёты помогут провести более точное сравнение решений, как между собой, так и между изначальным вариантом. Кроме того, будет создана модель в расчётном комплексе SCAD, которая облегчит дальнейшую работу;

4) Разработать методики и провести экспериментальное исследование несущей способности и деформативности изгибаемых балок. Это позволит получить фактические данные по характеристикам вариантов. На их основе можно будет определить точность теоретического и числового расчётов и их совпадение с фактическим результатом;

5) Разработать алгоритм усовершенствованного метода расчета по 1 и 2 группам предельных состояний с учетом податливости связей между их элементами. На данный момент существуют различные автоматизированные программы для расчёта балок и подбора сечений. С помощью полученных данных можно будет произвести их актуализацию и создать усовершенствованный метод расчёта.

Есть необходимость рассмотреть варианты как улучшения существующих процессов производства, так и усиления стыка плит ОСП. А также проверить прочность клевого соединения при различных видах клея.



Рисунок 1. Составные двутавровые балки.

Рынок данных балок в СПб и ЛО занимают «Невские конструкции» и «Интерсити».

Производство балок представляет собой следующие операции:

- В поясах LVL выпиливается паз по длине (рис.2.а).
- Производится фрезеровка плит ОСП по длине в месте соединения с поясами.

- В паз поясов заливается клей (рис.2.б).

• На специальном формовочном столике (рис.2.в) в горизонтальном положении соединяют пояс со стенкой.

- На столик подается давление, балка спрессовывается и клей, стекший на дно паза в поясах, выдавливается выше на стенки паза и ОСП стенку (рис.2.г).

- Производится контроль высоты сечения и дальнейшая ее регулировка.

- При выставленной высоте балке по длине, стенка конструктивно крепится к поясам на шпильки длиной 40 мм, для дальнейшего перемещения плоть до полного высыхания клея.

- После высыхания клея балки распиливают на элементы необходимой длины.

Проблемы, выявленные при испытаниях балок, являются следствием как процесса производства, так и ограничениями самого материала.

Нанесение клея в паз никак не регламентируется и невозможно проконтролировать равномерное распределение клея на стенки паза и ОСП при регулировке высоты сечения балки. В балках может возникнуть непрочность, что при нагружении может привести к сдвигу стенки относительно поясов.

Плита ОСП имеет максимальную длину 6 м, при том, что балки изготавливаются погонажом в 13,5 м. Стыки плит по длине приводят к концентрации напряжений и после распиловки располагаются в случайных местах.

В статьях [1] и [2] Томченко М. Ю. и Торопцева А. Н. исследуют балки с различным расположением стыка. Из их работы можно выявить, что качество клевого шва влияет на несущую способность балки и несущая способность по 1 ГПС зависит от месторасположения стыка. Наихудшее место стыка – это приопорная зона и зона приложения нагрузки. Одними из типовых разрушений: смещение стенки относительно поясов и разрушение по стыку ОСП панелей по длине.

В зарубежных исследованиях [3] и [4] были рассмотрены варианты усиления двутавровой составной балки с помощью ОСП накладки. В одном из вариантов накладка крепилась только к поясам балки с помощью нагелей с одной стороны балки, в другом варианте, к поясам также с помощью нагелей и к стенке с помощью нагелей и прокладок также с одной стороны балки. Также рассматривался ещё один способ усиления с помощью ОСП накладки, но уже с креплением только к стенке на клей. Данные усиления рассматривались для отверстий под коммуникации, но так как и отверстия и стык по длине можно назвать ослаблением сечения, то вариант с данными усилениями можно рассмотреть и для данного случая.

В научной статье [5] было выяснено, что прочность на скалывание клеевых соединений ниже требуемой. Можно предположить, что в стыке стенки и поясов рассматриваемых составных балок может быть подобная ситуация, и следует проверить данное предположение. В статьях [6] и [7] проводились исследования клеевых соединений с использованием ПВА и ЭПИ клеев, в результате которых были определены следующие факторы, которые влияют на прочность: плотность древесины (для ПВА и ЭПИ), расход клея (больше для ПВА) и изменение условий склеивания (больше для ПВА). Согласно [8] и статьям выше: разрушение в основном происходило по древесине, в связи с этим нельзя с полной уверенностью утверждать, что данные подходят к составным балкам из ОСП и LVL.

Возможные варианты усовершенствования конструкции.

Существует множество способов усиления двутавровых клефанерных балок. Например, в статье [9] исследуется способ усиления с механическими связями (рис. 3). Проблема данных усилений в повышенной трудоёмкости. Кроме того, для данных усилений необходимы дополнительные детали.

В статье [10] приведён вариант конструирования двутавровой деревянной балки с помощью швеллеров (рис. 5). Но данный вариант кажется конструктивно и экономически не рациональным. Добавление швеллеров слишком сильно увеличит стоимость. При таком случае кажется более рационально использовать просто сами швеллера.

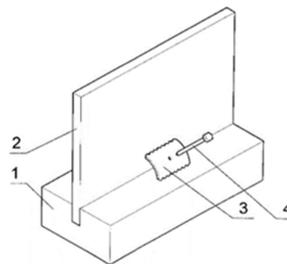


Рисунок 3. Схема усиления.

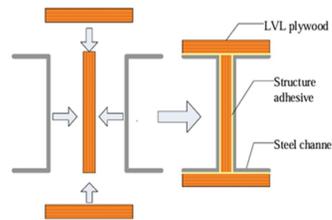


Рисунок 4. Схема поперечного сечения.

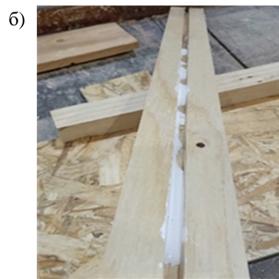


Рисунок 2. а) Паз в поясе LVL; б) Нанесение клея в паз; в) Формовочный столик; г) Выступающий клей от спрессовывания;

Согласно статье [3], данные усиления, а именно второй тип, исключают разрушение за счёт сдвига, разрушение происходит за счёт изгиба. Кроме того, второй тип усиления увеличивает жёсткость и несущую способность, приблизительно как у балки без ослабления. Ещё из исследования можно сделать вывод, что от длины накладки зависит эффективность усиления (чем длиннее, тем эффективней).

В качестве усиления балок в стыке рассматривались варианты с накладками из ОСП плит:

Накладки на всю высоту между поями с двух сторон, прикрепленные к стенке механическими связями;

Накладки на всю высоту сечения с двух сторон, прикрепленные к поясам механическими связями;

По 2 накладки с двух сторон симметрично в близи поясов, прикрепленные к стенке с помощью клея.

Если рассмотреть разные варианты конструирования сечения, можно взять за основу клефанерные балки, представленные в пособии Серова, но выполнить их из рассматриваемых материалов, то есть плит ОСП и брусков LVL (рис. 5.а). Данный вариант может решить проблему клевого шва, или хотя бы улучшить его несущую способность, так как клей можно будет наносить равномерно и лучше контролировать данный процесс, а также увеличится размер самого клевого шва. Это может быть более трудоёмким и дорогим производством, но за счёт повышения несущей способности размеры сечения могут быть меньше, а следовательно, и итоговая цена будет ниже.

Для решения проблемы низкой прочности в стыке листов ОСП по длине можно рассмотреть двутавровое сечение с двойной стенкой в перехлест стыков (рис. 5.б). Данный вариант тоже повышает трудоёмкость и затраты материалов, но, если это устраним проблему с влиянием стыка на несущую способность балки, в теории может уменьшиться требуемое сечение, а следовательно, может такой вариант оказаться выгодным.

Конструктивно обоснованы иные формы конструкций составных балок такие как коробчато-тавровое сечения (рис. 5.в). Их преимущества над двутавровыми: более высокая несущая способность на кручение и кривой изгиб, но их эффективность зависит от того, испытывает ли конструкция кривой изгиб. В балках без кривой изгиба использование данного сечения кажется не целесообразным. В большинстве случаев балки испытывают в основном изгиб.

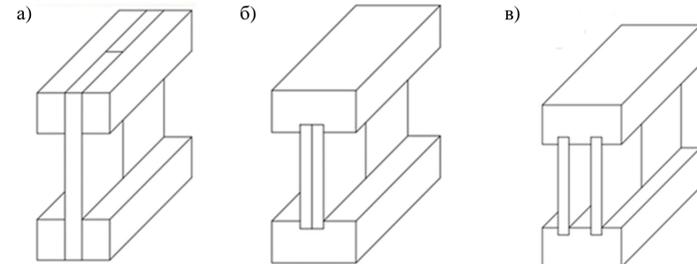


Рис. 5. Варианты сечений: а) сечение на основе клефанерных балок; б) сечение с двойной стенкой; в) коробчато-тавровое сечение.

Дальнейшие испытания

Для достижения целей исследования обосновано проведение испытаний по определению коэффициента жесткости шва и уточнение прочности клевого шва вероятностным методом.

Методика испытания следующая:

Образцы, высотой 15 см, устанавливаются на опорные пластины только поясами для обеспечения возможности перемещения стенки отдельно (Рис.8). Испытания производятся с постоянной нагрузкой вплоть до разрушения образца, при этом усилия и соответствующие смещения фиксируются в протоколе испытаний. Схема испытания представлена на рисунке 9.

Полученные данные вносятся в таблицу 1. На их основе можно получить коэффициент жёсткости шва.

Были изготовлены две партии образцов необходимых размеров. Отличие партий друг от друга – это клей. В одном случае применяли ПВА Д4, в другом – полиуретановый клей.

Вывод

В данной статье был проведён обзор литературы и источников про двутавровую составную балку, с помощью чего были определены главные существующие проблемы, а именно: стык стенки по длине и клеевой шов. Была сформулирована цель для будущей диссертации, и разбита на задачи. На основе имеющейся информации были предложены различные варианты решения проблем, а также проведён начальный их анализ с целью выявить наиболее оптимальные из них. Для дальнейшей работы по данной теме необходимо провести испытания. Методика одного из них была уже разработана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] – «Экспериментальное исследование составных балок двутаврового сечения из древесины с осп-стенкой на изгиб»
- [2] – «Анализ напряженно-деформированного состояния составной двутавровой балки со стенкой из ОСП»
- [3] – Flange-notched wood I-joists reinforced with OSB collars: Experimental investigation and sensitivity analysis
- [4] – REINFORCED WOOD I-JOISTS WITH WEB OPENING: EXPERIMENTAL AND ANALYTICAL INVESTIGATIONS
- [5] – «К вопросу о прочностных клеевых соединениях для деревянных клеёных конструкций»
- [6] – «Повышение эффективности клеёных деревянных конструкций»
- [7] – «Оценка влияния технологических факторов на прочность клеёного бруса»
- [8] – «Эксплуатационные характеристики клеев для составных деревянных конструкций»
- [9] – «Усиление клефанерных двутавровых балок»
- [10] – «Shear Behavior of I-shaped Wood-steel Composite Beams»