

Н. С. Кузьмич, А. А. Барташевич, Ф. В. Буйвидович

ПРОЧНОСТЬ КРЕПЛЕНИЯ ДВЕРОК МЕБЕЛИ ИЗ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

В мебельных изделиях к прочности крепления дверок должны предъявляться высокие требования. Это связано с тем, что, во-первых, данные соединения подвижны, подвергаются частым воздействиям переменных по характеру и величине нагрузок, во-вторых, в течение длительного времени требуется сохранение постоянства зазоров в проеме, т. е. высокая жесткость как самих петель, так и крепления их к дверкам и стенкам мебельных изделий.

С целью обеспечения необходимой прочности соединения и минимальных затрат на его изготовление необходимо знать свойства материалов, оптимальные размеры шурупов и способы их постановки, а также учитывать, в каких условиях и как производить упрочнение мест постановки шурупов и т. д. Для этой цели необходимо знать условия работы соединения, величины и характер усилий, возникающих в материале.

В выполненных раньше работах эти вопросы исследовались в малой степени, а рассматривались в основном физико-механические свойства материалов и прочность угловых соединений. Нагрузки на подвижные соединения практически невозможно определить и при испытании изделий на долговечность. В этих условиях нагружению подвергаются в первую очередь жесткие неподвижные соединения, которые воспринимают основную нагрузку. Подвижные соединения начинают воспринимать нагрузку лишь после того, как в результате деформации изделия устранятся все зазоры. Поэтому напряжения в подвижных соединениях будут намного меньше, чем в неподвижных, непостоянны по величине и ниже расчетных по фактическим нагрузкам. В нашей работе приводятся результаты исследований прочности крепления дверок мебели при некоторых способах их постановки.

В зависимости от конструкции изделия постановка дверок может быть внакладку, в проем или смешанной. Способ постановки дверок оказывает влияние на характер усилий, возникающих в местах крепления петель. Кроме того, из-за этого конструктивного различия в одну и ту же деталь (дверку или стенку) по-разному производится постановка шурупов — в пласть или в кромку. Так как прочность удерживания шурупов в этих двух случаях и проч-

ность древесностружечных плит* при нагружении их параллельно и перпендикулярно пласти различны, то способ постановки дверок влияет на прочность их крепления. Это необходимо учитывать при конструировании изделия и разработке технологии его изготовления: какие детали и как упрочнять, какого размера ставить шурупы и т. д.

Рассмотрим смешанный способ постановки дверок (внакладку к вертикальным стенкам и в проем между горизонтальными щитами). Для примера в качестве изделия возьмем шкаф для платья и белья, в котором крепление боковых дверок производится с помощью рояльной петли.

При статическом положении изделия и отсутствии внешних нагрузок на дверку в местах ее крепления будут возникать усилия от собственного веса дверки. Для расчетов размеры боковой дверки шкафа примем равными 1500×500 мм (что близко к применяемым размерам при конструировании), а вес — 10 кг (что должно соответствовать плотности древесностружечной плиты примерно $0,75 \text{ г/см}^3$ при толщине 19 мм).

При указанном способе постановки дверки одна из карт рояльной петли крепится к ее пласти, а другая — к кромке стенки. Аналогичным образом ставятся и шурупы. Опыт эксплуатации и проводившиеся испытания показывают, что при прочих равных условиях меньшая прочность удерживания шурупов оказывается в той детали, где они ставятся в кромку, т. е. в нашем случае — в боковой стенке шкафа.

При закрытой дверке изделия внешние нагрузки на нее отсутствуют, и усилия, возникающие в узле крепления от собственного веса дверки, небольшие (в данном случае они приложены к шурупам перпендикулярно осям, т. е. выворачивают их из плиты).

Во время эксплуатации изделия дверки могут подвергаться следующим внешним нагрузкам:

1) вертикальным при открытом положении (временное использование в качестве вешалки, случайное приложение нагрузок);

2) горизонтальным при открывании дверки за допустимый угол, т. е. после контакта ее кромки с пластью боковой стенки. Аналогичное действие на шурупы крепления рояльной петли производит и остановка дверки в момент контакта с боковой стенкой при свободном вращении ее в пределах допускаемого угла открывания (за счет кинетической энергии вращения дверки).

Усилия, направленные вдоль оси шурупов, установленных в кромке боковой стенки (т. е. выдергивающие их из плиты), которые возникнут от действия собственного веса дверки или вертикальных сил при абсолютно жесткой рояльной петле и открытом на угол 90° положении дверки, должны распределяться по закону

* Эти плиты рассматриваются в качестве конструкционного материала как нашедшие широкое применение в производстве мебели.

$P = k \cdot x$, где x — расстояние от низа дверки до рассматриваемого шурупа.

Максимальное усилие должен воспринимать крайний верхний шуруп, а минимальное — нижний. Так как рояльная петля по мере перемещения верхнего шурупа из плиты будет деформироваться, то фактические усилия на шурупы по длине дверки будут распределяться по закону, отличному от $P = k \cdot x$.

С целью проверки несущей способности узловых соединений цитовых элементов на рояльных петлях при действии вертикальных сил и определения величин фактических нагрузок на отдельные шурупы нами были проведены следующие опыты. Образцы фанерованных древесностружечных плит, соединенные рояльной петлей, подвергались нагружению по схеме, приведенной на рис. 1.

При длине образцов 300 мм количество шурупов, приходящихся на каждую соединяемую деталь, равнялось 5 (шаг между отверстиями в рояльной петле равен 60 мм). В пластъ одной из деталей ставились шурупы размером $2,5 \times 16$ мм, в кромку другой — размером $3,0 \times 25$ мм.

Плотность применяемой древесностружечной плиты составляла $0,65 \text{ г/см}^3$. Скорость нагружения при испытании образцов — 10 мм/мин.

Характер разрушения узла был следующий. Наиболее нагружаемый шуруп (в данном случае нижний) по мере достижения своей предельной удерживающей нагрузки начинал перемещаться из кромки плиты, внешняя нагрузка Q , достигшая своего максимального значения, при этом падала. Увеличение зазора вниз между деталями происходило за счет деформации рояльной петли на участке между крайним и последующим шурупами. Второй шуруп при достижении предельной нагрузки также начинал перемещаться из кромки плиты, а деформация рояльной петли происходила уже между этим шурупом и последующим. В такой последовательности разрушался весь узел при постепенном уменьшении внешней нагрузки.

Расчеты показали, что во время достижения максимального значения силы Q крайний шуруп воспринимает до 70% всей нагрузки на узел. Так как на остальные шурупы приходится около 30% нагрузки, то можно заключить, что вся нагрузка падает на второй шуруп. Это видно из следующего. При выдергивающей нагрузке на шуруп, равной примерно 30% от предельной, он не пере-

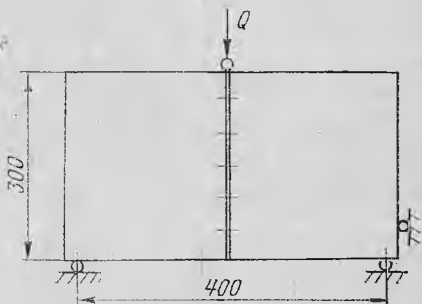


Рис. 1. Схема испытания узловых соединений при действии вертикальных нагрузок.

мещается из плиты. Следовательно, он плотно прижимает карту рояльной петли к древесностружечной плите, а ее деформация за этим шурупом (она имеет место из-за того, что растягивающее усилие приложено к оси петли, а крепление карты шурупом производится посередине ее ширины, т. е. из-за эксцентричного приложения усилия) по длине небольшая и в данном случае меньше, чем шаг между шурупами. Так как шурупы воспринимают нагрузку

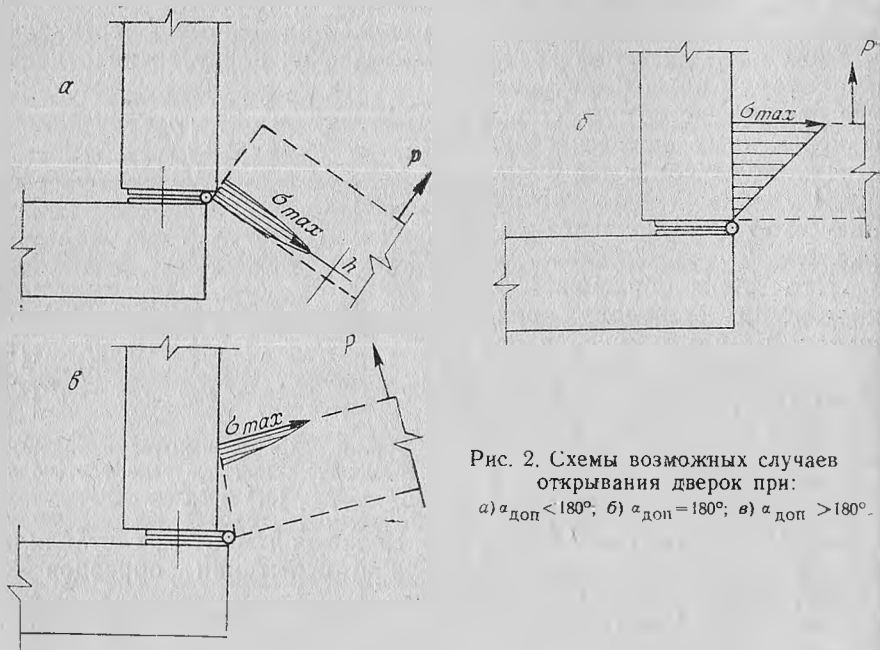


Рис. 2. Схемы возможных случаев открывания дверок при:

а) $\alpha_{\text{доп}} < 180^\circ$; б) $\alpha_{\text{доп}} = 180^\circ$; в) $\alpha_{\text{доп}} > 180^\circ$.

только через рояльную петлю, то при отсутствии ее деформации в месте крепления шурупов отсутствует и нагрузка на последние.

С увеличением длины узла доля общей нагрузки, приходящаяся на все шурупы, кроме крайнего, возрастает, так как рояльная петля в этом случае одновременно деформируется на большей длине и число одновременно нагружаемых шурупов увеличивается. Однако и при длине узла, принятого в наших опытах (300 мм), максимальные значения нагрузок (Q), при которых начиналось разрушение узлов, достигали 300 кГ. Отсюда следует, что вертикальные нагрузки на дверки мебели в процессе эксплуатации их не опасны. За счет абсолютной жесткости рояльных петель предельные вертикальные нагрузки на дверки при прочих равных условиях могли бы быть в 1,5—2,0 раза выше фактических.

Более опасны для узлов крепления дверок внешние горизонтальные силы, действующие на дверку при открывании ее за допустимый угол. Ввиду малой площади контакта кромки дверки с

боковой стенкой в этом случае контактные напряжения смятия и различные виды деформаций внутри материала стенки и дверки могут достигать значительных величин.

Конструктивно дверка устанавливается, как правило, таким образом, что допускаемый угол открывания ее ($\alpha_{\text{доп}}$) равен 180° (рис. 2, б). Однако ввиду возможных отклонений при сборке могут иметь место случаи, когда $\alpha_{\text{доп}}$ меньше или больше 180° (рис. 2, а, в).

При действии на дверку горизонтальной силы P с момента достижения ею допускаемого угла открывания на поверхности контакта возникнут напряжения смятия.

Допустим, что дверка открывается свободно с угловой скоростью $\omega = 1 \text{ сек}^{-1}$. Считая, что она остановилась мгновенно, кинетическую энергию вращения примем равной:

$$E = \frac{\omega^2}{2} \cdot \frac{mR^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1 \cdot 25^2}{2} = 156,25 \text{ кГ} \cdot \text{см.}$$

Приняв для случаев а и в (рис. 2) расстояние от оси вращения до линии контакта (h) равным соответственно 0,3 и 2 см, найдем, что контактная нагрузка составит 520 кГ в первом случае и 78 кГ во втором, или 3,5 и 0,5 кГ на 1 пог. см длины контакта. Так как в данном случае площадь контакта небольшая, то напряжения смятия будут большими, что может вызвать разрушающие деформации как в лаковой пленке, так и в древесностружечной плите.

В материале стенки и дверки с момента их контакта появляются различные виды деформаций, которые вызывают напряжения: нормальные, касательные и смятия. Определить их расчетным путем весьма трудно, так как многие факторы неизвестны (например, зона распространения касательных напряжений по ширине дверки, зависимость упругой деформации от нагрузки при растяжении плиты перпендикулярно пласти ввиду непостоянства модуля упругости по толщине и др.).

Определение характера разрушений и величин предельных нагрузок при действии на дверку горизонтальных сил производилось нами опытным путем. Для этого испытывались соединенные рояльной петлей образцы по схеме, показанной на рис. 3. Характер нагружения при такой схеме испытания аналогичен действию горизонтальных сил на дверку при открывании ее за допустимый угол. Длина образцов, плотность древесностружечной плиты, способ постановки шурупов и скорость нагружения были приняты такими же, как и при проведении вышеописанных опытов. Остальные условия проведения и данные опытов приведены в табл. 1.

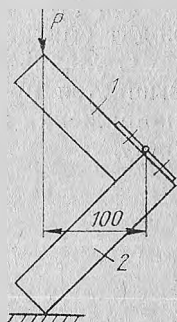


Рис. 3. Схема испытания узловых соединений при действии горизонтальных нагрузок:

1, 2 — детали, в которые шурупы ставятся соответственно в пласт и в кромку.

Анализ данных табл. 1 показывает, что наиболее частый вид разрушения узлов — расслоение детали, в которую шурупы ставятся в кромку, т. е. наиболее опасны нормальные напряжения.

Значительное место занимают разрушения, при которых происходит смятие плиты или рейки под шурупами.

С увеличением длины шурупов, устанавливаемых в кромку, повышается прочность узла, так как в данном случае касательные напряжения в материале стенки распределяются на большую глубину.

Таблица 1

Прочность узлов и характер их разрушения
при действии горизонтальных сил

Деталь 1 по рис. 3 (постановка шурупов в плась)		Деталь 2 по рис. 3 (постановка шурупов в кромку)		Разрушаю- щая нагрузка, кГ	Характер разрушения узла*
способ упрочнения кромки	размер шурупа	способ упрочнения кромки	размер шурупа		
Без упроч- нения	2,5×16	Без упроч- нения	2,5×16	46—52	Расслоение де- тали 2 по всей длине и местное. Смятие плиты и вырыв шурупов из детали 2
»	»	»	3 × 25	57—62	»
»	»	Зареивание древесиной сосны на глубину 30 мм	2,5×16	66—72	Расслоение рей- ки. Смятие рейки и выдергивание из нее шурупов. Смятие плиты и местные вырывы в детали 1.
Зареивание древесиной сосны на глубину 30 мм	»	»	»	64—79	Расслоение рей- ки в детали 2. Смятие плиты и вырыв шурупов из деталей 1 и 2.

* В порядке частоты повторения.

Упрочнение более слабой детали (стенки) заметно повышает прочность узла. Дополнительное упрочнение дверки к дальнейшему повышению прочности узла в целом не приводит, так как по-прежнему более слабой деталью остается стенка.

При постановке дверки в проем шурупы крепления рояльной петли ставятся наоборот: в плась на стенке и в кромку на дверке. Поэтому в данном случае более слабой деталью будет дверка.

Усилия, возникающие в ней, и характер разрушения такие же, как в стенке при рассмотренном выше способе постановки дверок.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. В процессе эксплуатации мебельных изделий наиболее опасные напряжения в узлах крепления дверок возникают от действия горизонтальных нагрузок при открывании за допустимый угол.

2. В узлах крепления дверок наиболее опасны места постановки шурупов и, в первую очередь, в той детали, где шурупы ставятся в кромку. Так как по длине дверки напряжения от действия горизонтальных сил при открывании ее за допустимый угол одинаковы, то упрочнение слабых мест необходимо производить равномерно по всей длине соединяемых кромок. Шурупы по всей длине карты необходимо ставить одинаковых размеров во все отверстия.

3. Наиболее опасные контактные напряжения смятия возникают при случаях, когда допускаемые углы открывания получаются меньше 180° . Поэтому при производстве мебели таких случаев необходимо избегать.

4. При соответствии древесностружечных плит требованиям ГОСТа зареивание кромок деталей обеспечивает прочность крепления к ним петель примерно такую же, как и к пластиам, но без зареивания. В этих случаях зареивание кромок деталей, где петли крепятся к пластиам, нецелесообразно, так как прочность узла в целом не повышается (она определяется прочностью менее слабой детали). Следовательно, при постановке дверок внакладку упрочнять необходимо стенки, при постановке в проем — дверки.