

УДК 674.05:621.933.6

В.М. Кириченко, В.Г. Новоселов, С.Н. Исаков
(V.M. Kirichenko, V.G. Novoselov, S.N. Isakov)
УГЛТУ, Екатеринбург
(USFEU, Ekaterinburg)

**КОМПЬЮТЕРНОЕ ИНЖЕНЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
НАТЯЖНОГО КЛИНА ЗАХВАТА ТАРНОЙ ПИЛЫ
(COMPUTER ENGINEERING MODELLING OF THE INTENSE
DEFORMED CONDITION OF TENSION WEDGE OF CAPTURE
OF THE TARE SAW)**

Произведено моделирование напряженно-деформированного состояния натяжного клина захвата тарной пилы с использованием метода конечных элементов в среде ANSYS.

Modeling of the intense deformed condition of a tension wedge of capture of a tare saw with use of a finite element method in the environment of ANSYS is made.

В отечественном процессе производства тарной дощечки широко используются тарные лесопильные рамы, имеющие малую ширину пропила и достаточно высокую производительность. Одной из наиболее прогрессивных является модель РТ-40, зубья пил у которой движутся по криволинейной траектории, исключая их отбой и скобление о дно пропила. Полосовые пилы устанавливаются в пильной рамке (ПР) с помощью специальных захватов и подвергаются монтажному натяжению с помощью клиньев.

В УГЛТУ были проведены экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния элементов ПР от статических сил: натяжения восемнадцати пил по 12 кН и распора двух пар струбцин по 30 кН. Натяжение пил осуществлялось забивкой клина, размещенного в верхнем захвате и опирающегося на боковины верхней поперечины. По результатам проведенных исследований [1] установлено, что боковины верхней и нижней поперечин ПР, помимо деформации в плоскости действующих нагрузок, дополнительно деформируются и в плоскости их наименьшей жесткости («выпучиваются»), что приводит к существенному возрастанию напряжений изгиба в их опасных сечениях и снижению несущей способности.

Расчет напряженного состояния элементов ПР, выполненный по классическим методикам статики рамных конструкций, не дает ответа о причинах объемного деформирования боковин поперечин ПР [2].

Проверка устойчивости плоской формы изгиба боковин поперечин ПР, выполненная для однопролетной двух-опорной статически определимой балки прямоугольного сечения, нагруженной в средней части распределенной нагрузкой от сил натяжения рамных пил, показала значительный запас их устойчивости [3].

Ввиду отсутствия явных причин «выпучивания» боковин поперечин ПР была выдвинута гипотеза, что это происходит в результате появления горизонтальных составляющих главного вектора давления от сил натяжения пил, передаваемых на опорную поверхность боковин через натяжной клин, испытывающий в процессе натяжения деформацию изгиба с поворотом его поперечных сечений, отклоняющим главный вектор давления в угловых точках опоры на боковины.

Составлена упрощенная расчетная схема клина трехпролетной шарнирно-опертой балки и выполнены по классической методике вычисления изгибающих моментов и углов поворота поперечных сечений клина, показавшие наличие наибольших значений углов поворота поперечных сечений натяжного клина в угловых точках его контакта с боковинами поперечин [4].

Учитывая высокую степень упрощения расчетной схемы (представление клина в виде балки постоянного сечения; пренебрежение соотношением высоты сечения клина и пролета балки; пренебрежение контактными деформациями деталей; пренебрежение неравномерностью распределения нагрузки от силы натяжения пилы и др.), была сформулирована задача смоделировать напряженно-деформированное состояние натяжного клина с использованием современных инженерных компьютерных средств.

На рисунке 1 представлены построенная в программе «КОМПАС 3D» твердотельная модель комплекта пил с захватами, опирающимися на верхнюю поперечину ПР, и силовая схема захвата.

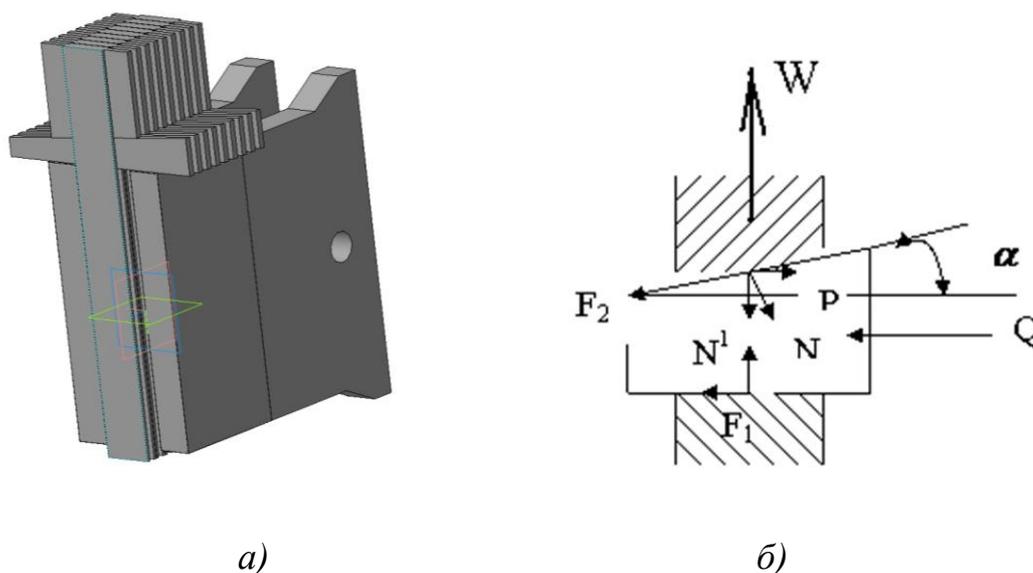


Рис 1. Твердотельная модель (а) и силовая схема захвата (б)

Сила натяжения каждой пилы $W = 12\,000$ (Н) создается забиванием клина, что в модели имитируется давлением на торец Q . Сила, приложенная к торцу клина, рассчитывается по формуле:

$$Q = W[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_2) + \operatorname{tg}\varphi_1],$$

где W – сила натяжения, развиваемая клиновым механизмом;

$\alpha = 12,6^\circ$ – угол клина;

$\varphi_1 = \varphi_2 = 14^\circ$ – углы трения на горизонтальной и наклонной плоскостях при коэффициенте трения 0,2.

Расчетное значение силы давления составило 8 400 Н. На рисунке 2 представлены импортированная в программную систему ANSYS AIM [5], конечно-элементная модель рассчитываемой системы (а) и эпюра давлений на контактных поверхностях деталей системы натяжения пилы (б).

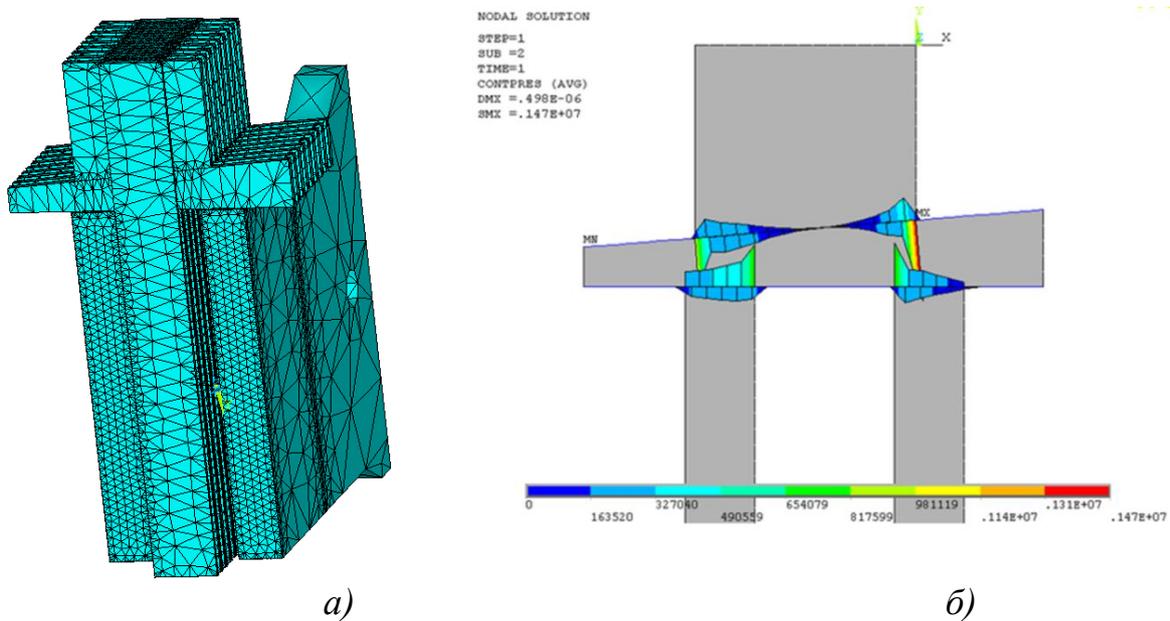


Рис. 2. Конечно-элементная модель (а) и эпюра контактных давлений (б)

Как видно, наибольшие значения давлений на боковинах верхней поперечины ПР наблюдаются в точках контакта с клином с их внутренней стороны, что согласуется с предположением [4].

На рисунке 3 представлена эпюра абсолютных вертикальных перемещений опорной (нижней) поверхности клина в метрах. В процессе забивания клина тяга захвата под действием сил трения и нормального давления на наклонной (верхней) поверхности смещается в сторону действия ударных импульсов. В результате левая боковина оказывается более нагруженной и прогибается в большей степени, что приводит к смещению вниз и наклону изогнутой оси клина.

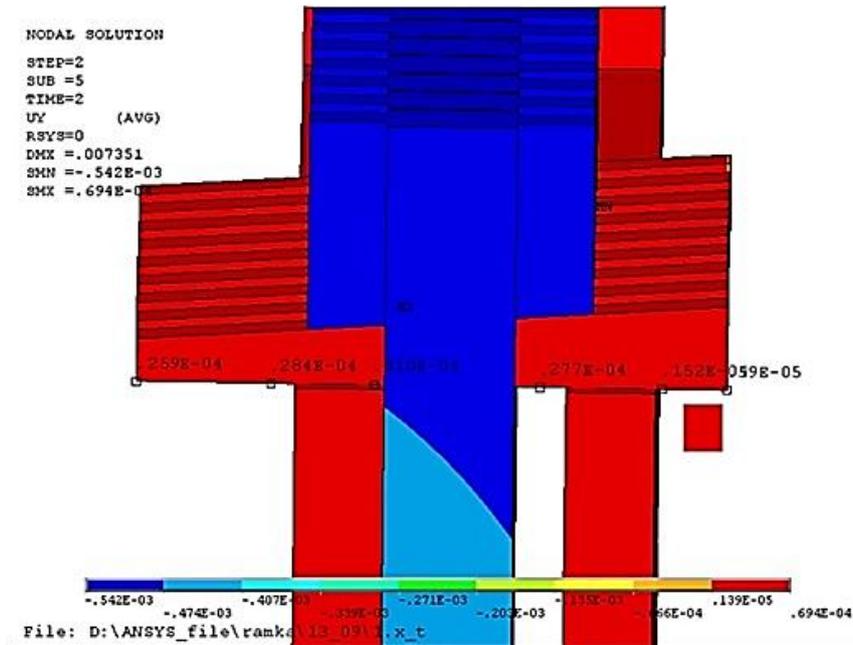


Рис. 3. Эпюра вертикальных перемещений клина, М

После исправления наклона и вычисления средних углов поворота поперечных сечений на характерных участках клина (для сопоставления их с рассчитанными по классической методике [4]) данные представлены на рисунке 4.

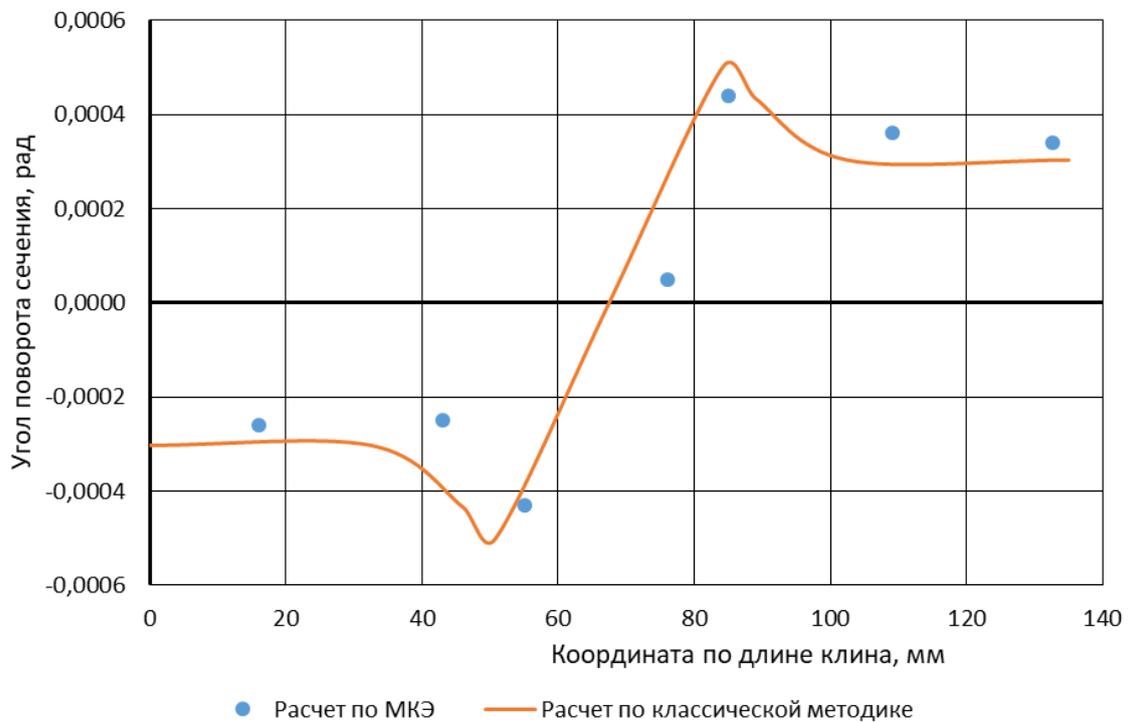


Рис. 4. Сопоставление результатов расчета углов поворота сечений клина

Как видно, результаты расчета по методу конечных элементов достаточно хорошо согласуются с расчетом по классической методике, что свидетельствует об адекватности обоих методов.

Выводы:

1. Произведенный расчет напряженно-деформированного состояния натяжного клина верхнего захвата тарной пилы с использованием компьютерного инженерного моделирования подтвердил гипотезу о повороте поперечных сечений натяжного клина при его изгибе, что привело к отклонению главного вектора давления в угловых точках опоры на поперечины ПР.

2. Для компенсации этого влияния на «выпучивание» боковин поперечин ПР можно рекомендовать конструкцию захвата с дополнительной опорной вставкой [6].

Библиографический список

1. Кириченко В.М., Шабалин Л.А. Деформация элементов пильной рамки тарной лесопильной рамы // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды VII Международн. евразийск. симпозиума. Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. С. 254–257.

2. Кириченко В.М., Новоселов В.Г. О нагруженности и напряженном состоянии пильной рамки тарной лесопильной рамы // Деревообрабатывающая промышленность. 2018. № 1. С. 7–11.

3. Кириченко В.М., Новоселов В.Г. Устойчивость плоской формы изгиба боковин поперечин пильной рамки // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: мат-лы XIV Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник». Екатеринбург: УГЛТУ, 2018. С. 107–109.

4. Кириченко В.М., Новоселов В.Г. Причины объемной деформации боковин поперечин пильной рамки тарной лесопильной рамы // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды XII Международн. евразийск. симпозиума. Екатеринбург, УГЛТУ, 2017. С. 139–146.

5. Бесплатные многодисциплинарные инженерные расчеты multiphysics в ANSYS AIM. URL: <https://multiphysics.ru/stati/novosti/besplatnye-inzhenernye-raschety-multiphysics-v-ansys-aim.htm> (дата обращения: 21.01.2019).

6. Модернизированные верхние захваты тарных рамных пил / В.М. Кириченко, Л.А. Шабалин, В.Г. Новоселов // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики: мат-лы XI Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург: УГЛТУ, 2017. С. 67–70.