

УДК677.051.183

**ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
ИГОЛЬНО-ПЛАНОЧНОЙ ГАРНИТУРЫ  
ДЛЯ ЧЕСАНИЯ ВОЛОКОН ПЕНЬКИ**

**ASSESSMENT OF THE STRESSED-DEFORMED STATE  
OF THE NEEDLE-PLANE HEADSET  
FOR CEREALY FIBER HEMP**

*Г.М. ТРАВИН, М.М. ТРАВИН, Н.В. КИСЕЛЕВ, А.В. ПРИВАЛОВ*

*G.M. TRAVIN, M.M. TRAVIN, N.V. KISELEV, A.V. PRIVALOV*

**(Костромской государственный университет)**

**(Kostroma State University)**

E-mail: infoYksiLedum

*Рассмотрено построение графической модели гребенной планки, на основе которой сформирована конечно-элементная расчетная модель, исследованная с использованием универсального пакета ANSYS. Представлены результаты расчета планки, а также графические аннотации в виде изоповерхностей и изолиний в прозрачном теле. Дана оценка прочности элементов планки по критерию максимального напряжения. Исследована конечно-элементная модель игольной вставки, определен прогиб игл под действием нагрузки и его влияние на работоспособность гарнитуры и качество прочеса пеньковолокна.*

*The construction of a graphical model of a combed bar, on the basis of which a finite element calculation model is formed, studied using the ANSYS universal package, is considered. The results of the calculation of the slats, as well as graphic annotations in the form of isosurfaces and isolines in a transparent body are presented. An assessment of the strength of the elements of the bar according to the maximum stress criterion is given. The finite element model of the needle insert is investigated, the deflection of the needles under the action of the load and its influence on the performance of the headset and the quality of the hemp fiber are determined.*

**Ключевые слова:** чесание конопли, гребенная планка, расчетная модель, напряжения и деформации в планке, оценка с использованием пакета ANSYS.

**Keywords:** carding hemp, combed strap, model analysis, stress and strain in the strap, the evaluation using the ANSYS package.

Необходимость оценки напряженно-деформированного состояния элементов игольной планки обусловлена потребностью разработки методов ее проектирования и экспериментальной отработки создаваемой новой конструкции для чесания волокон пеньки. Исследование и оценка осуществлялись на основе применения универсального пакета ANSYS на базе метода конечных элементов [1], который позволяет создавать геометрические модели собственными средствами, а также импортировать и модифицировать внешние.

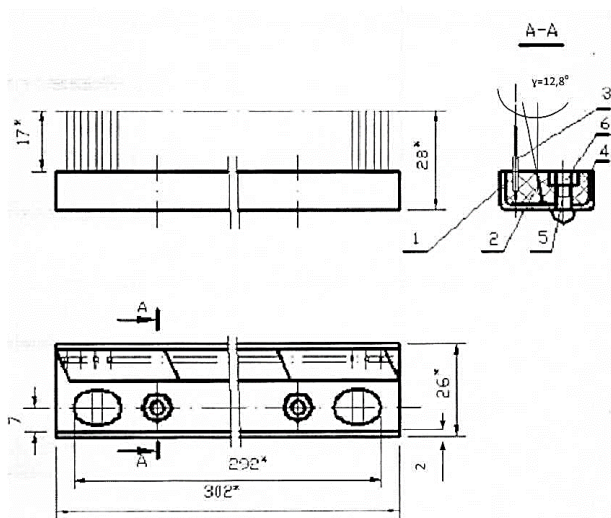


Рис. 1

По исходным данным чертежа наиболее перспективной ремонтпригодной конструкции гребенной планки, представленного на рис. 1 (конструкция игольной планки со сменной вставкой и клиновым зажимом: 1 – основание, 2 – вставка игольная, 3 – игла, 4 – зажим клиновидный, 5 – винт, 6 – гайка), построена геометрическая твердотельная 3D-модель рассматриваемого изделия. Поперечное сечение основания планки имеет п-образную форму с радиусными закруглениями в местах перехода горизонтальной части в полки. Построенная графическая модель использована в САЕ-программе для формирования конечно-элементной расчетной модели (рис. 2 – конечно-элементная модель гребенной планки), отличие которой от графической определяется наложенными граничными условиями: действующими нагрузками, законом их изменения, условиями закрепления.

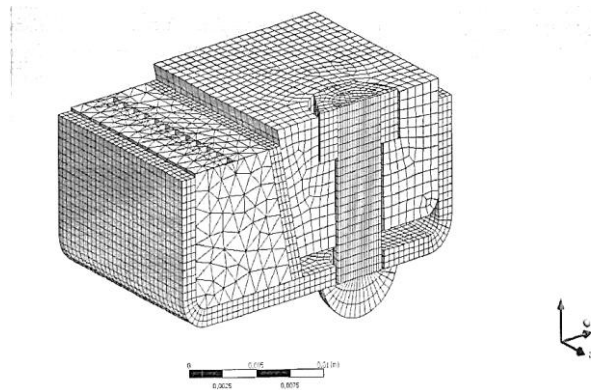


Рис. 2

Для выполнения расчета задавались свойства материалов: модели материалов, критерии их жесткости и прочности. В качестве моделей этих материалов была принята модель Bilinear Isotropic Hardening (Билинейная с течением и упрочнением) [2]. Сечение по оси винта крепления клинового зажима рассматривается как плоскость симметрии с нулевым перемещением по оси Z. Торце винта лишен перемещений по всем осям, что дает возможность рассчитать напряженно-деформированное состояние планки под действием только усилий затяжки винта. Исходя из формы элементов твердотельной модели гребенной планки, с помощью сеточного генератора выполнена автоматизированная процедура построения дискретной модели, представляющей область пространства, занимаемую объектом с нанесенной на него сеткой из элементов, соединенных между собой в некоторых точках (узлах).

Из всех способов генерации сетки в системе ANSYS применено автоматическое создание произвольной сетки. При этом реализован алгоритм разумного выбора размеров конечных элементов, позволивший построить сетку, содержащую 24056 элементов и 94709 узлов с учетом кривизны поверхности модели и наилучшего отображения ее реальной геометрии. При построении модели и ее исследовании графические аннотации (геометрические объекты, символы, текст) прикреплены к точкам, узлам и в случае необходимости перемещаются вместе с моделью. Общее усилие затяжки в клиновом зажиме, установленное в [3], составляет 500 Н на винт. Результаты

расчета с графическими аннотациями (деформации и/или перемещения, а также эквивалентные напряжения) представлены в виде изоповерхностей и изолиний в прозрачном теле, например, для основания, на рис. 3 (деформация основания) с увеличением визуализации.

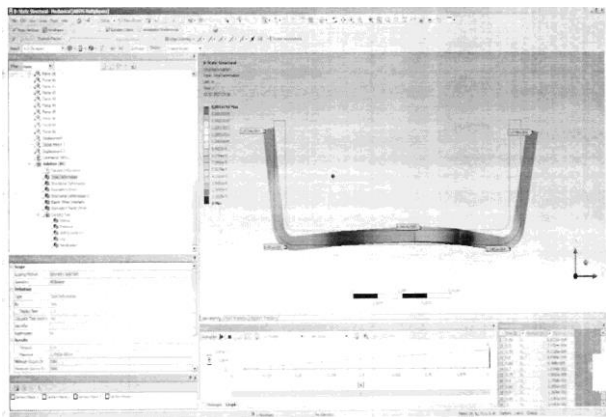


Рис. 3

Анализ модели показывает, что вершины боковых полок основания толщиной  $8 = 1,2$  мм из малоуглеродистой стали перемещаются на 0,203 мм слева и 0,308 мм справа в основном за счет деформации его горизонтальной части соответственно на 0,085 и 0,115 мм. Следовательно, высказанное в [4] предположение об отгибе полок вследствие значительной деформации в зоне перехода из нижней части основания не соответствует действительности. В качестве критерия оценки прочности элементов игольной гарнитуры использовался критерий максимального напряжения по Мизесу, основанный на теории Мизес-Хенки (Mises-Hencky), известной также как теория максимальной энергии формоизменения [5]. Теория утверждает, что пластичный материал начинает повреждаться в местах, где напряжение по Мизесу становится равным предельному напряжению, в качестве которого используется предел текучести  $\sigma_m$ . Установлено, что наибольшие напряжения до 270 МПа, весьма близкие к  $\sigma_m$ , имеют место в нижней части основания планки в зоне концентратора (отверстия под винт) и местах перехода в полки. В самих полках эти напряжения не превышают 200 МПа. Из этого можно сделать заключение о том, что

необходимо увеличить толщину заготовки основания, поскольку принятая в настоящее время толщина 1,2 мм рассчитана для условий чесания льна.

Наибольшие напряжения в клиновом зажиме и игольной вставке, как следует из графических аннотаций, не превышают 19 МПа. Эти значения ниже в три с лишним раза предела текучести, что свидетельствует о достаточной прочности элементов, изготовленных из полиамида.

Напряженно-деформированное состояние в местах заделки игл рассматривается только от действия технологической нагрузки, независимо от затяжки винта. Это требует создания конечно-элементной модели с частой сеткой, что показано на рис. 4 (конечно-элементная модель игольной вставки).

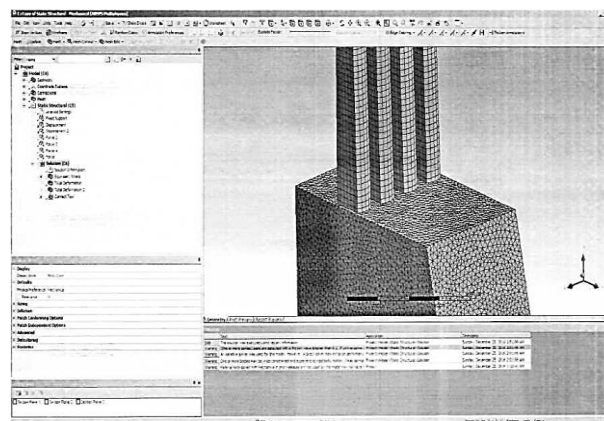


Рис. 4

Исследование конечно-элементной модели игольной вставки показало, что прогиб игл под действием указанной выше нагрузки не превышает 0,1 мм, что не оказывает существенного влияния на работоспособность гарнитуры и качество прочеса пеньковолокна. Наибольшие напряжения в игле не превышают 60 МПа. В полиамиде они могут достигать предела текучести 65 МПа только в верхних точках посадочного гнезда. Как показано в [6], напряжения на поверхности иглы от усадки полимера существенно (в 6...7 раз) ниже. Следовательно, принятое решение об оценке напряженного состояния в гнездах посадки игл только от действия технологической нагрузки можно считать обоснованным. Статус контакта иглы с полиамидом в верхней части можно

охарактеризовать как с возможным проскальзыванием. Появление такого рода контакта обуславливает возможность расшатывания игл в игольной вставке, что требует использования полиамида с большим пределом текучести.

## ВЫВОДЫ

1. Предложено для исследования напряженно-деформированного состояния игольно-планочной гарнитуры использовать систему инженерного анализа с применением универсального пакета ANSYS на базе метода конечных элементов.

2. Установлено, что от действия усилия затяжки вершины боковых полок стального основания принятой толщины перемещаются на 0,203 мм слева и 0,308 мм справа, в основном за счет деформации его горизонтальной части, а наибольшие напряжения (до 270 МПа) имеют место в зоне концентратора (отверстия под винт) и местах перехода в полки. Это требует увеличения толщины основания планки для чесания пеньковолокон.

3. Наибольшие напряжения в игле от действия технологической нагрузки не превышают 60 МПа, а в полиамиде они могут достигать предела текучести 65 МПа только в верхних точках посадочного гнезда, что требует использования полиамида с большим пределом текучести.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах / Под общ. ред. Д.Г. Красковского. – М.: Компьютер пресс, 2002.
2. Работа с моделями материалов в приложении Engineering Data расчетной среды ANSYS Workbench 2.0 (Release 13.0). Часть 1 и 2 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.cadferm-cis.ru/service/video/single/artcl/cadferm-vl 1101/>.

3. Привалов А.В., Травин М.М. Методика расчета элементов конструкции сборно-разборных гребенных планок // Мат. Всерос. науч.-практ. конф.: Управление бизнес-процессами в системах производственной и социальной инфраструктуры. – Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2015. С. 24...29.

4. Разработка конструкции и технологии изготовления сборно-разборных гребенных планок с повышенной плотностью игл для льночесальных машин: Отчет о НИР ЦНИИМашдеталь, пер. №01870011487, научный руководитель Н.И. Потапенков. – М., 1988.

5. Старовойтов Э.И. Сопротивление материалов. – М.: Физматлит, 2008.

6. Травин Г.М., Привалов А.В., Кулемкин Ю.В. Оценка прочности крепления игл в гребенных планках для чесания лубяных волокон // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова. – 2014, №7. С. 100...103.

## REFERENCES

1. Basov K.A. ANSYS v primerakh i zadachakh / Pod obshch. red. D.G. Kraskovskogo. – M.: Komp'yuter press, 2002.

2. Rabota s modelyami materialov v prilozhenii Engineering Data raschetnoy sredy ANSYS Workbench 2.0 (Release 13.0). Chast' 1 i 2 [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.cadferm-cis.ru/service/video/single/artcl/cadferm-vl 1101/>.

3. Privalov A.V., Travin M.M. Metodika rascheta elementov konstruksii sborno-razbornykh grebennykh planok // Mat. Vseros. nauch.-prakt. konf.: Upravlenie biznes-protsessami v sistemakh proizvodstvennoy i sotsial'noy infrastruktury. – Kostroma: KGU im. N.A. Nekrasova, 2015. S. 24...29.

4. Razrabotka konstruksii i tekhnologii izgotovleniya sborno-razbornykh grebennykh planok s povyshennoy plotnost'yu igl dlya l'nochesal'nykh mashin: Otchet o NIR TsNIIMashdetal', per. №01870011487, nauchnyy rukovoditel' N.I. Potapenkov. – M., 1988.

5. Starovoytov E.I. Soprotivlenie materialov. – M.: Fizmatlit, 2008.

6. Travin G.M., Privalov A.V., Kulemkin Yu.V. Otsenka prochnosti krepneniya igl v grebennykh plankakh dlya chesaniya lubyanykh volokon // Vestnik KGU im. N.A. Nekrasova. – 2014, №7. S. 100...103.

Рекомендована кафедрой бизнес-информатики и сервиса. Поступила 21.01.19.