

<https://doi.org/10.26160/2572-4347-2019-7-4-9>

К ВОПРОСУ ОБ АНАЛИЗЕ ПРОЧНОСТИ СЛОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Жуков И.А., Горелов В.Н.

Ключевые слова: прочность, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов, горно-транспортные машины, рама грузового вагона, рештак скребкового конвейера.

Аннотация. В статье приводится методика расчета напряжений и перемещений в конструкциях элементов горно-транспортных машин, в частности дается решение задачи анализа прочности рамы грузового вагона и рештака шахтного скребкового конвейера. Расчет осуществлен посредством системы автоматизированного проектирования и инженерных расчетов T-Flex. Описываются особенности расчетов, а также их значимость при проектировании нового оборудования.

TO THE QUESTION ABOUT THE ANALYSIS OF THE STRENGTH OF COMPLEX STRUCTURES OF THE ELEMENTS OF MINING AND TRANSPORT MACHINES

Zhukov I.A., Gorelov V.N.

Keywords: strength, stress-strain state, finite element method, mining and transport machines, frame of freight car, sieve of scraper conveyor.

Abstract. The article presents a method of calculating stresses and displacements in the structures of mining and transport machine elements, in particular, the solution of the problem of analyzing the strength of the frame of the freight car and the sieve of the mine scraper conveyor. The calculation was carried out by means of computer-aided design and engineering calculations T-Flex. The features of calculations and their importance in the design of new equipment are described.

Горно-транспортные машины включают в себя комплекс механических систем, предназначенных для транспортирования на горных предприятиях полезных ископаемых, взрывчатых веществ, горюче-смазочных материалов, оборудования, запасных частей. К транспортным машинам непрерывного действия относят главным образом конвейеры. Машины периодического действия – это локомотивы с составом вагонов, автосамосвалы, монорельсовые и канатные дороги. Оборудование и механизмы, обеспечивающие работу различных транспортных машин: бункеры, питатели, затворы, толкатели, вагоноопрокидыватели относят к вспомогательным транспортным устройствам и машинам.

Процесс исследования и проектирования горных транспортных машин включает в себя обязательный всесторонний учет горнотехнических условий, для которых они предназначены. Новые разрабатываемые и внедряемые горные и транспортные машины по своим техническим показателям должны не просто соответствовать техническому уровню зарубежного оборудования, а превышать его.

Повышение качества создаваемого механического оборудования и конструкций необходимо связывать, прежде всего, с уменьшением их веса и стоимости, повышением надежности и улучшением ряда характеристик. В

настоящее время актуальна проблема сочетания в процессе проектирования двух взаимоисключающих тенденций: экономии материала с одной стороны и обеспечения требуемых прочностных характеристик конструкций с другой стороны. Все это можно обеспечить за счет использования компьютерных технологий. Сегодня нельзя создать качественное, надежное и конкурентоспособное оборудование без всестороннего инженерного анализа проектируемых объектов с помощью современных программных средств и принятия на его основе грамотных конструктивных решений.

При разработке любой конструкции перед проектировщиком стоит задача оценки ее напряженно-деформированного состояния. Для этого нужно знать распределение напряжений в элементах проектируемой конструкции, а также величины перемещений отдельных ее точек, как при статическом характере внешнего нагружения, так и в условиях действия нагрузок, изменяющихся во времени.

При традиционном подходе для решения такой задачи в общем случае необходимо решить уравнения, обеспечивающие выполнение условий равновесия и совместности деформаций. Возникающая в связи с этим проблема заключается в том, что в случае сложной двумерной или трехмерной конструкции поведение системы описывается уравнениями с большим количеством неизвестных.

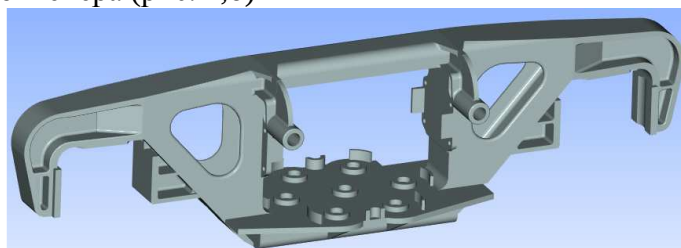
Одним из способов устранения этой трудности является использование приближенных методов решения. В настоящее время наиболее эффективным методом исследования конструкций сложных механических систем является метод конечных элементов, положенный в основу большинства CAE-программ. Одной из современных САПР инженерного анализа является «T-Flex Анализ», имеющая эффективный автоматический генератор тетраэдрических конечно-элементных сеток.

Расчетная компьютерная 3D-модель конструкции может быть построена пользователем в среде трехмерного моделирования T-Flex CAD 3D. Это может быть «рабочая» модель, содержащая проекции и оформленные рабочие чертежи, участвующая в составе сборки, или используемая для расчета траекторий ЧПУ-обработки. Или с использованием средства импорта объемных моделей пользователь может загрузить в систему модель, созданную в другой системе объемного моделирования, поддерживающей для обмена данными о твердотельных моделях различные форматы, например, STEP и XMT.

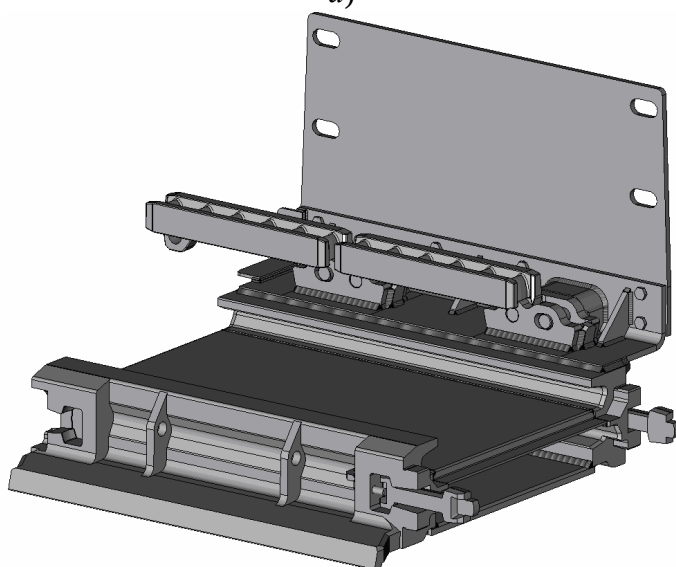
Другими словами, для выполнения прочностного расчета нет необходимости специально готовить некоторую расчетную модель, а можно использовать непосредственно электронные документы, с которыми работает инженер. Для целей расчета бывает полезно заранее получить специально оптимизированный вариант модели. Например, можно из исходной модели удалить несущественные в расчете мелкие части (к примеру, не играющие роли маленькие отверстия). В этом случае расчет будет выполняться быстрее, легче будет получить конечно-элементную сетку. Для корректного

приложения нагрузок иногда требуется на участки больших граней «врезать» специальные грани-площадки.

Расчетная модель может быть представлена в виде единой детали или целого сборочного узла. В качестве примера на рисунке 1 приведены трехмерные модели элементов горно-транспортных машин, таких как боковая рама тележки грузового вагона (рис. 1,а) и решетчатая секция става шахтного скребкового конвейера (рис. 1,б)



а)



б)

Рис. 1. Трехмерные модели конструкций

Для придания моделям реалистичных физико-механических свойств всем элементам конструкции присваиваются характеристики в соответствии с применяемыми материалами, т.е. задаются плотность, предел прочности на разрыв, предел прочности на сжатие, предел текучести, удельная теплоемкость, модуль упругости, коэффициент Пуассона, модуль сдвига, коэффициент линейного расширения.

Для последующего выполнения расчета прочности конструкции в соответствии с реальными условиями эксплуатации задаются граничные условия, представляющие собой закрепления конструкции, и нагружения, включающие в себя внешнее воздействие на конструкцию и собственный вес.

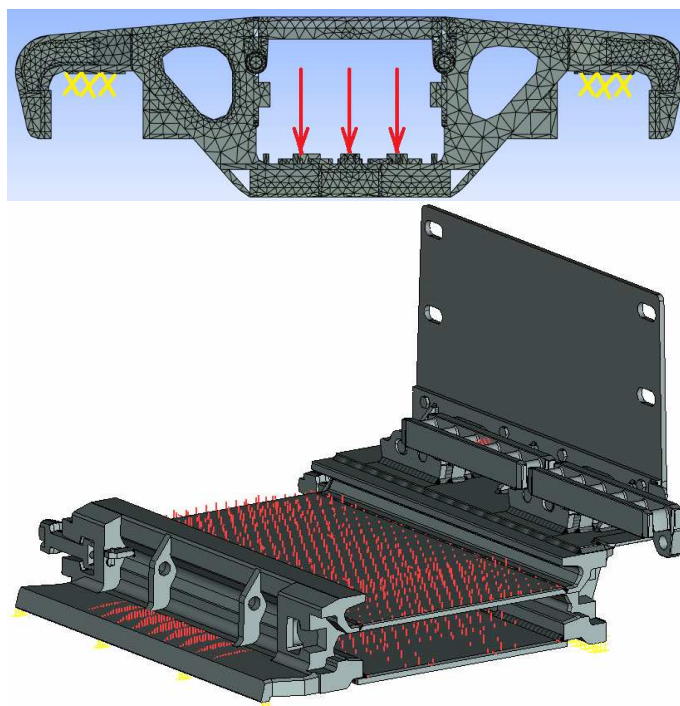


Рис. 2. Расчетные модели оборудования

Отличие в расчетах моделей деталей и сборочных узлов заключается в том, что при расчете сборочной конструкции помимо внешних закреплений деталей, необходимо задавать параметры контакта между соприкасающимися элементами, в качестве которых в T-Flex реализованы четыре варианта: жесткая связь, нет контакта, касание или жесткая стенка. Тип контакта «жесткая связь» используется в случае, когда необходимо скрепить контактирующие поверхности тел. Тела в этом случае рассматриваются как связанные, перемещения грани одного тела без каких либо ограничений передаются граням другого тела. В случае «нет контакта». контактирующие поверхности могут свободно перемещаться друг относительно друга. Контакт «касание» запрещает взаимопenetration соприкасающихся граней. Данный тип контакта позволяет моделировать такие физические явления, как скольжение одного тела по другому, появление зазоров в местах соединения деталей, вследствие их деформаций, и т.п. «Жесткая стенка» используется для моделирования соприкосновения тела с жесткой поверхностью, деформацией которой в целях моделирования можно пренебречь.

Основная цель статического прочностного анализа конструкций заключается в оценке напряженного состояния конструкции, находящейся под действием статических силовых воздействий. По результатам статического расчета прочности конструкции в среде «T-Flex Анализ» пользователю доступны 32 результата, объединенные в 8 групп. В большинстве случаев для анализа расчета достаточно трех типов результатов – перемещения, напряжения и коэффициенты запаса прочности (рисунок 3).

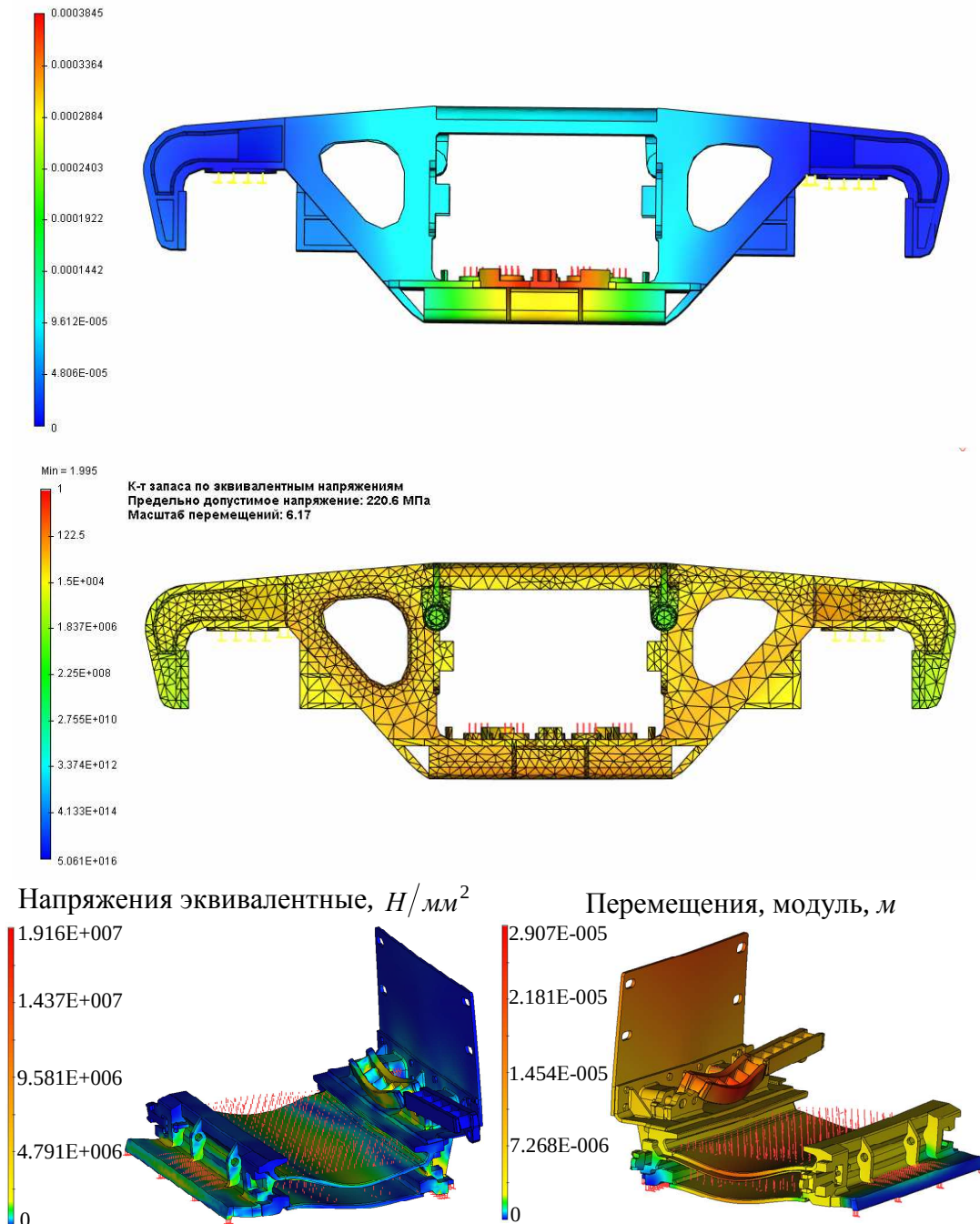


Рис. 3. Результаты расчетов

Таким образом, разработанные конечно-элементные модели конструкций и методика расчета их напряженно-деформированного состояния позволяют выполнить оптимизацию конструктивных элементов, что обеспечит увеличение срок служба и безопасность исследуемой машины. На основании проведенного анализа прочности конструкций горно-

транспортных машин и их элементов в условиях реальной эксплуатации можно сделать рекомендации по их совершенствованию [1, 2].

Список литературы

1. Варнава А.В. К разработке методики расчета напряженно-деформированного состояния секции става шахтного скребкового конвейера / А.В. Варнава, И.А. Жуков // Горное оборудование и электромеханика. – 2012. – №8. – С. 35-39.
2. Горелов В.Н. Расчет напряженно-деформированного состояния боковой рамы тележки грузового вагона // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2019. – №2. – С. 20-25.

References

1. Varnava A.V. To the development of methods for calculating the stress-strain state of the section of the shaft scraper conveyor / A.V. Varnava, I.A. Zhukov // Mining equipment and electromechanics. – 2012. – №8. – P. 35-39.
2. Gorelov V.N. Calculation of the stress-strain state of the side frame of the truck of the freight car // Transport, mining and construction engineering: science and production. – 2019. – №2. – P. 20-25.

Жуков Иван Алексеевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой механики и машиностроения, Сибирский государственный индустриальный университет, г.Новокузнецк, Российская Федерация, tmmiok@yandex.ru	Zhukov Ivan Alekseevich – doctor of technical sciences, associate professor, head of Department of mechanics and mechanical engineering, Siberian state industrial university, Novokuznetsk, Russian Federation, tmmiok@yandex.ru
Горелов Валерий Николаевич – кандидат технических наук, доцент, кафедра механики и машиностроения, Сибирский государственный индустриальный университет, г.Новокузнецк, Россия, gorelov_vn@mail.ru	Gorelov Valeriy Nikolaevich – candidate of technical sciences, associate professor, department of mechanic and engineering, Siberian state industrial university, Novokuznetsk, Russia, gorelov_vn@mail.ru

Received 07.05.2019