

С.Э. Шаклеина, С.А. Палехова**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЕРЕГРУЖАТЕЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Выполнены проверочные расчеты на прочность, жесткость и устойчивость пролетов и подвеса в модуле APM Structure3D для конструкции ПЛТ. Созданы модели для статических и деформационных расчетов. Представлены карты напряжений пролетов, полученные в результате выполнения деформационного расчета. Описано применение модуля конечно-элементного анализа APM Structure 3D системы APM WinMachine при выполнении проверочных расчетов конструкции перегружателя ленточного телескопического на прочность, жесткость и устойчивость с целью подтверждения правильности проектных решений. Достоинством модуля APM Structure3D является то, что при статическом расчете выполняется расчет для разных типов загрузений, что значительно упрощает работу с конструкцией. Анализируя результаты вычислений, можно принять решение по изменению и доработке базового варианта модели, затем внести требуемые изменения и произвести расчет заново.

Ключевые слова: перегружатель ленточный телескопический, метод конечных элементов, APM Structure 3D, расчетная схема, напряженно-деформированное состояние, карта напряжений.

Перегружатель ленточный телескопический (ПЛТ) обеспечивает размещение горной массы на площади отвала равномерным слоем за счет радиального размещения всей фермы вокруг оси, совпадающей с вертикальной осью приемной воронки и периодического телескопического выдвижения разгрузочного конвейера вдоль оси фермы на всю длину отвальной консоли.

ПЛТ состоит из консольно-мостовой фермы, опирающейся на две ходовые гусеничные тележки и заднюю опору, приемного конвейера, смонтированного на мостовой части фермы, разгрузочного конвейера, установленного в направляющих с возможностью перемещения по всей длине фермы, и кабины управления (рис. 1).

Для увеличения фронта отсыпки и сокращения количества наращиваний стационарного отвального конвейера

перегружатель обычно работает с двумя промежуточными конвейерами длиной 25 м. При этом с одной установки стационарного конвейера и высоте отвала равной 50 м обеспечивается размещение 2250 тыс. т отходов.

Конструкция перегружателя ПЛТ была разработана ЗАО «БМЗ» (Березниковский механический завод) г. Березники Пермского края.

Повышение качества создаваемого механического оборудования и конструкций связано с одновременным уменьшением веса и стоимости, а также повышением их прочностной надежности. Сочетание в процессе проектирования двух взаимоисключающих тенденций, таких как экономия материала, с одной стороны, и обеспечение требуемых прочностных характеристик конструкций, с другой стороны, является важной проблемой.

Разработка конкурентоспособной продукции в сжатые сроки требует использования компьютерной техники и специализированных программных продуктов для всестороннего инженерного анализа проектируемых объектов и принятия грамотных конструктивных решений на основе проведенных прочностных расчетов. Наиболее эффективным приближенным методом решения задач по исследованию напряженно-деформированного состояния моделей проектируемых конструкций является метод конечных элементов (МКЭ).

Ключевая идея МКЭ заключается в замене сплошной среды модели конструкции на дискретную путем разбиения ее на области – конечные элементы. В каждой области поведение среды описывается с помощью отдельного набора функций, представляющих собой напряжения и перемещения в этой области. Конечные элементы соединяются узлами, посредством которых они и взаимодействуют друг с другом.

К конечному элементу могут быть приложены внешние нагрузки (сосредоточенные и распределенные силы и моменты), которые приводятся к узлам данного элемента и носят название узловых нагрузок.

При расчетах методом конечных элементов вначале определяются перемещения узлов модели. Величины внутренних усилий в элементе пропорциональны перемещениям в узлах элемента. Коэффициентом пропорциональности выступает квадратная матрица жесткости элемента, количество строк которой равно числу степеней свободы элемента (в общем случае это есть произведение числа степеней свободы в узле на число узлов элемента). Все остальные параметры конечного элемента, такие как внутренние усилия, напряжения, поле перемещений и т.п., вычисляются на основе его узловых перемещений.

Основными типами применяемых на практике конечных элементов являются: стержневые, пластинчатые, объемные.

Для полноценного конечно-элементного анализа необходимо:

- выбрать тип конечных элементов (для всей модели или ее отдельных частей), с помощью которых будет адекватно смоделирована реальная конструкция;
- построить модель проектируемого объекта в трехмерном пространстве;
- провести разбиение модели на конечные элементы;



Рис. 1. Перегрузатель ленточный телескопический (П/ЛТ)

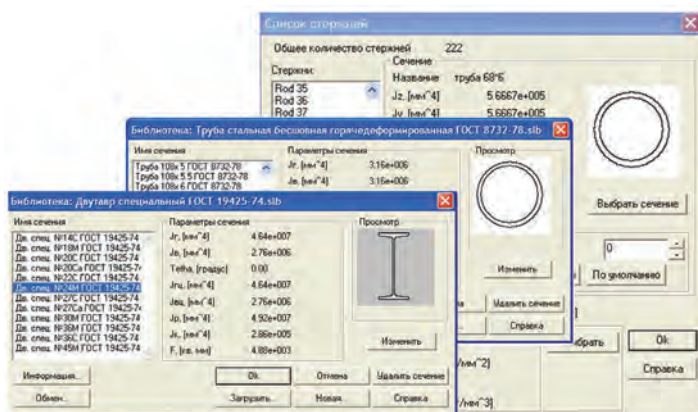


Рис. 2. Выбор сечений стержням конструкции ПЛТ

- выполнить весь комплекс необходимых вычислений;
- визуализировать полученные результаты и корректно интерпретировать их с целью принятия правильных конструкторских решений.

Для этого используются современные конечно-элементные вычислительные комплексы, позволяющие выполнять прочностные расчеты весьма сложной металлоконструкции и получать исчерпывающие данные по нагрузению каждого ее элемента.

Наиболее известными и широко распространенными программными продуктами, в которых реализован МКЭ, являются ANSYS, NASTRAN, COSMOS и некоторые другие. Это весьма мощные программные средства, но и столь же дорогостоящие, к тому же имеющие англоязычный интерфейс. Кроме того, редакторы моделей этих

пакетов весьма сложны и требуют длительной подготовки пользователя [1].

Альтернативой указанным программным продуктам является отечественный модуль конечно-элементного анализа APM Structure3D, входящий в состав CAD/CAE/CAM/PDM системы APM WinMachine, созданной в Научно-техническом центре «Автоматизированное проектирование машин» (НТЦ АПМ, г. Королев Московской обл.). В этом модуле могут быть произведены прочностные расчеты произвольной конструкции, состоящей из стержневых, пластинчатых и объемных конечных элементов.

Для конструкции ПЛТ преподавателями кафедры «Технологии и механизации производств» Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета (БФ ПНИПУ) были вы-

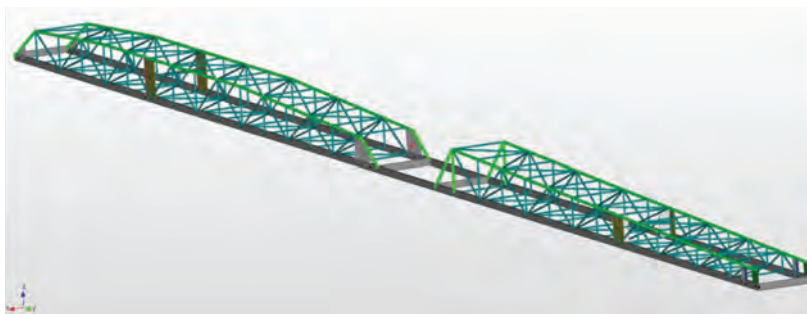


Рис. 3. Модель пролетов ПЛТ



Рис. 4. Расчетная схема левого пролета П/Т

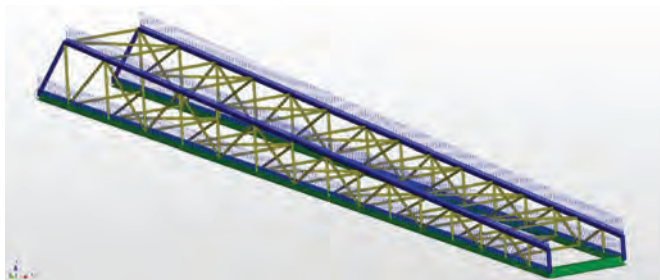


Рис. 5. Расчетная схема правого пролета П/Т

полнены проверочные расчеты на прочность, жесткость и устойчивость пролетов и подвеса в модуле APM Structure3D.

Первоначально была создана стержневая модель конструкции, заданы сечения всем стержням (рис. 2), произве-

дены необходимые опорные закрепления. Объемная модель пролетов П/Т показана на рис. 3.

С учетом рабочих условий и веса конструкции была задана распределенная нагрузка на каждый из пролетов (рис. 4, рис. 5).

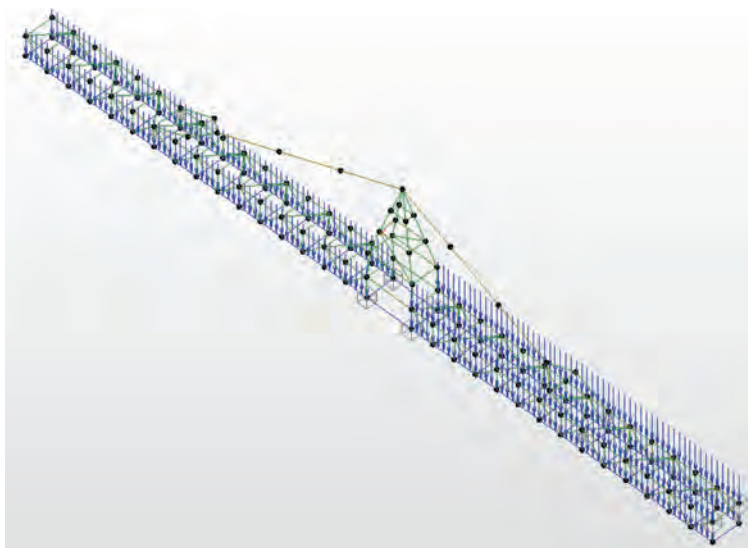


Рис. 6. Схема для расчета подвесов и тяги

Для расчета подвесов и тяги ПЛТ была создана расчетная схема с упрощенной отрисовкой пролетов (рис. 6).

Для созданных моделей были проведены статический и деформационный расчеты. При анализе полученных результатов были выявлены наиболее проблемные места. В местах крепления подвесов напряжения оказались выше допустимых. Дополнительное усиление конструкции за счет накладных листов позволило снизить напряжение. Карты напряжений пролетов, полученные в результате выполнения деформационного расчета, представлены на рис. 7 и рис. 8. Согласно карты напряжений, максимальные значения испытывают

стойки в местах крепления пролетов. Однако, действующее напряжение не превышает допустимое значение.

Согласно карты перемещений (рис. 9), максимальный прогиб – 25,39 мм приходится на свободный конец левого пролета, что не превышает допустимого значения.

Минимальное значение коэффициента запаса прочности по пределу текучести 1,604 соответствует левому пролету ПЛТ в месте крепления подвеса (рис. 10). Тем не менее, запас прочности обеспечен, т.к. коэффициент запаса прочности больше допустимого значения ($[S_T] = 1,3...2$).

Расчет на устойчивость показал, что запас устойчивости обеспечен.

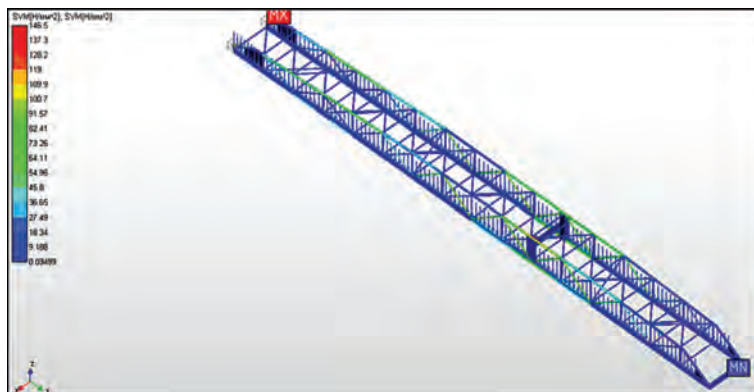


Рис. 7. Карта напряжений левого пролета ПЛТ

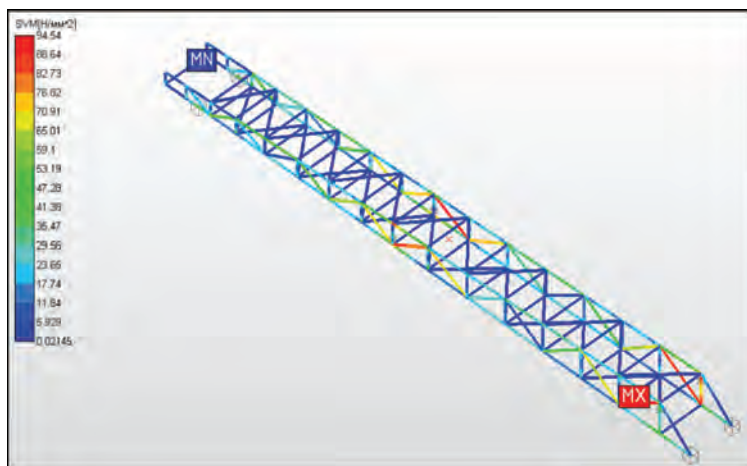


Рис. 8. Карта напряжений правого пролета ПЛТ

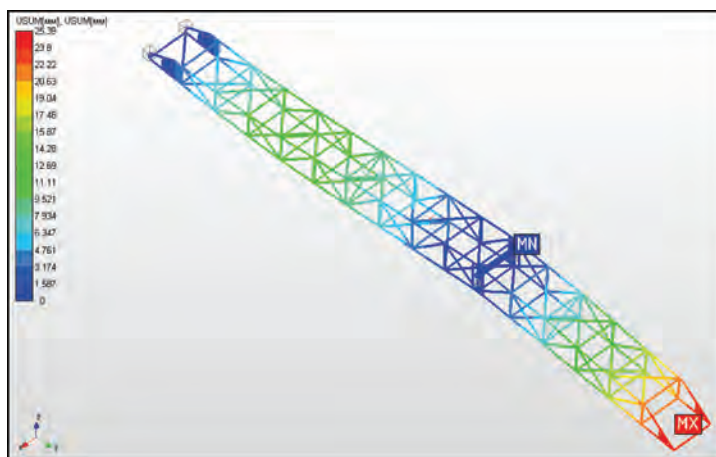


Рис. 9. Карта перемещений левого пролета ПЛТ

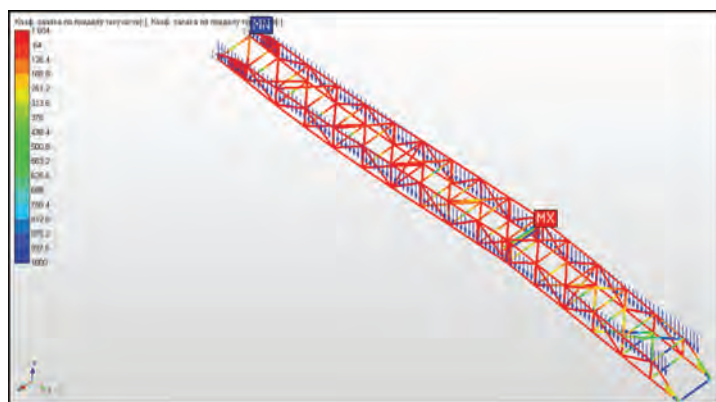


Рис. 10. Коэффициент запаса прочности по пределу текучести

Коэффициент запаса устойчивости $n_y = 12,51$ превышает минимальное допустимое значение ($[n_y] = 1,8-2$).

Анализ карты напряжений конструкции подвеса и тяги ПЛТ показал, что наибольшее напряжение испыты-

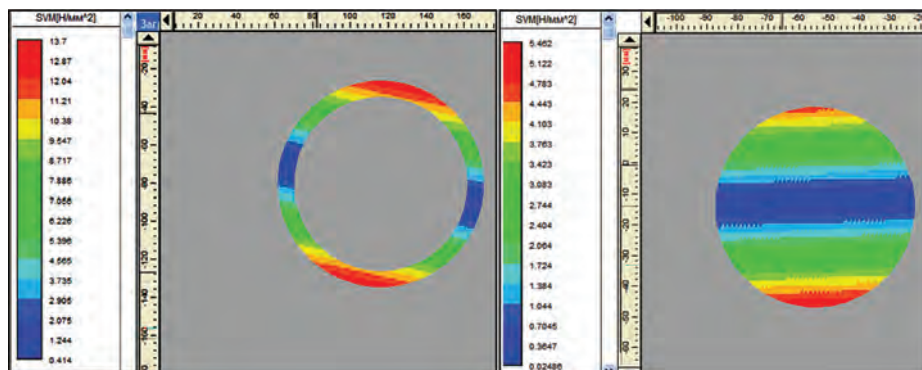


Рис. 11. Напряжения в сечениях стержней подвеса и тяги

вает левый подвес, т.к. пролет имеет свободную консольную часть. Максимальное значение напряжений в сечениях подвеса составляет не более 15 МПа, а максимальное напряжение в сечении тяги достигает 5,462 МПа, что, в свою очередь, не превышает допускаемое напряжение (рис. 11).

Достоинством модуля APM Structure3D является то, что при статическом расчете выполняется расчет для разных типов нагрузок, что значительно упрощает работу с конструкцией. Анализируя результаты вычислений, можно принять решение по изменению и доработке базового

варианта модели, затем внести требуемые изменения и произвести расчет заново. Пользователь также имеет возможность выполнить проверку несущей способности заранее созданных конструктивных элементов на прочность и устойчивость в соответствии со СНиП II-23-81 и осуществить подбор сечения этих элементов по результатам такого расчета.

Сравнивая полученные результаты, специалисты нашей кафедры убедились, что результаты, полученные традиционным (ручным) способом, практически совпадают с результатами, полученными в модуле APM Structure3D.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Замрий А.А. Проектирование и расчет методом конечных элементов трехмерных

конструкций в среде APM Structure3D. – М.: Издательство АПМ, 2006. – 288 с. **ТИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Шаклеина Светлана Эдуардовна – кандидат технических наук, зав. кафедрой,
Палехова Светлана Александровна – старший преподаватель,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Березниковский филиал.

UDC 622.6

FEM APPROACH TO THE ANALYSIS OF STRESS-STRAIN STATE OF TELESCOPIC BELT LOADER

Shakleina S.E.¹, Candidate of Technical Sciences, Head of Chair,

Palekhova S.A.¹, Senior Lecturer,

¹ Perm National Research Polytechnic University, Berezniki branch, 618400, Berezniki, Russia.

The checking calculation of strength, stiffness and stability of telescopic belt loader span and suspender is performed using APMStructure3D package. The span stress charts resulting from the deformation calculation are presented.

The article describes the FEM APMStructure3D package of APMWinMachine system used in the checking calculation of strength, stiffness and stability of telescopic belt loader design in order to prove correctness of the design choices. The advantage of APMStructure3D package is feasibility of static calculation for any type loading, which greatly simplifies the design operation. Based on the calculation outcome analysis, the decision is made on modification and updating of the reference model, the necessary alterations are then introduced and the calculation is performed again.

Key words: telescopic belt loader, finite element method, APMStructure3D, analytical model, stress-strain state, stress chart.

REFERENCES

1. Zamrii A.A. *Proektirovanie i raschet metodom konechnykh elementov trekhmernykh konstrukttsii v srede ARM Structure3D* (FEM-based design and calculation of 3D structures in APMStructure3D environment), Moscow, Izdatel'stvo APM, 2006, 288 p.