

УДК 621.81

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕСТ УСТАНОВКИ ТЕПЛОВЫХ ПРОТИВОАДГЕЗИОННЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ПРОЧНОСТНОГО АНАЛИЗА КОВША ЭКСКАВАТОРА

© 2013 С.А. Зеньков, Н.А. Балахонов, Э.С. Товмасян

Братский государственный университет

Поступила в редакцию 18.11.2013

С применением современных САПР (CAD) программ была построена трехмерная твердотельная модель и произведен расчет напряженно-деформированного состояния ковша экскаватора ЭО-3323. Построены карты перемещений, деформаций и напряжений в ковше и выявлены наиболее и наименее напряженные места. Определены места, где можно расположить тепловые устройства для снижения адгезии грунта к ковшам экскаваторов с целью повышения эффективности их работы.

Ключевые слова: системы автоматизированного проектирования (САПР), CAD (Computer Aided Design), экскаватор, ковши, трехмерная твердотельная модель, напряжение, перемещение, деформация, адгезия, грунт

Опыт эксплуатации землеройных машин показывает, что при разработке влажных грунтов (особенно при отрицательной температуре) намерзание и налипание грунта на рабочие органы существенно снижает производительность машин. При этом снижение производительности происходит из-за уменьшения полезной емкости ковшей за счет неполной выгрузки, увеличения лобового сопротивления при резании (копанию) в результате прилипания влажного грунта к рабочему органу, роста сопротивления входа в ковш, увеличения простоев машин ввиду необходимости очистки рабочих органов. Кроме того, растут энергетические потери из-за увеличения сил трения, и снижается качество выполняемых работ. Сила трения при копании и планировке составляет 30-70% от общего сопротивления копанью, а производительность снижается в 1,2-2 раза и более [1]. Для борьбы с адгезией грунтов предлагается использовать ленточные гибкие нагревательные элементы, обладающие эффектом теплового воздействия, особенно эффективным при примерзании грунта. Исследовано применение подогрева рабочей поверхности [2-4]. При тепловом воздействии изменяется энергия структурных связей воды, при этом возможен переход связанной воды в свободную с уменьшением вязкости и поверхностного натяжения поровой влаги. При более высокой температуре происходит процесс подсушивания

с парообразованием и усадкой, что способствует разрыву адгезионных связей. Однако встает вопрос о месте размещения нагревателей на ковше экскаватора.

В данной работе произведен расчет напряженно-деформированного состояния ковша экскаватора ЭО-3323 при помощи системы автоматизированного проектирования APM WinMachine с целью определения наименее напряженных мест для размещения ленточных нагревательных элементов и предложены варианты компоновки ленты на ковш экскаватора «обратная лопата». Эта система в полном объеме учитывает требования государственных стандартов и правил, относящихся как к оформлению конструкторской документации, так и к расчетным алгоритмам [5]. Несмотря на широкие функциональные возможности APM WinMachine, создавать трехмерные твердотельные модели деталей и конструкций сложной геометрии в данной системе неудобно. Для решения этой проблемы существует возможность импортирования файлов из других систем, в которых процесс создания трехмерных моделей деталей и конструкций проще и занимает меньше времени. На рис. 1 представлена трехмерная модель ковша экскаватора ЭО-3323, сделанная в системе КОМПАС-3D. Представленная модель была импортирована в препроцессор подготовки моделей для конечно-элементного анализа APM WinMachine, затем указаны места закрепления и приложены нагрузки по схеме на рис. 2. Схема нагрузок соответствовала положению ковша в момент его заглужения в грунт. X_A , X_B , Y_A , Y_B –

Зеньков Сергей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент. E-mail: mf@brstu.ru

Балахонов Никита Александрович, магистрант

Товмасян Эдгар Сергеевич, аспирант

закрепление ковша (реакции опоры), сила P (наибольшее усилие копания экскаватора), действующая на ковш через зубья, согласно технической характеристики машины была принята 100 кН [6-8].

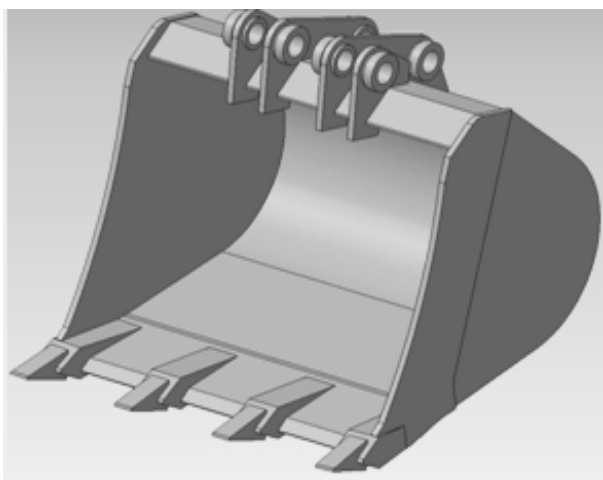


Рис. 1. Трехмерная модель ковша

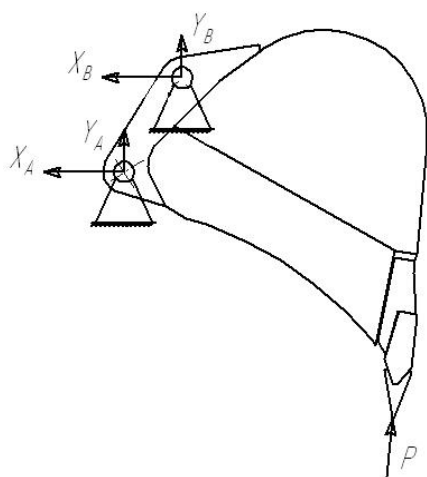


Рис. 2. Схема сил, действующих на ковш

Создание конечно-элементной модели было осуществлено на основе импортированной из КОМПАС-3D геометрической модели в APM Studio (рис. 3). Для нее выбрана тетраэдральная сетка из десятиузловых элементов второго порядка. Количество конечных элементов составляло 210103, количество узлов 60465. В состав APM Studio входят инструменты подготовки сборок к расчёту, задания граничных условий и нагрузок, а также встроенные генераторы конечно-элементной сетки (как с постоянным, так и с переменным шагом) и постпроцессор. Этот функциональный набор позволяет смоделировать твердотельный объект и комплексно проанализировать поведение расчётной модели при различных воздействиях с точки зрения статике, собственных частот, устойчивости и теплового нагружения непосредственно в модуле APM Studio.

В работе рассмотрены основные нагрузки, действующие на ковш, для различных положений ковша экскаватора. Рассматривается случай максимального приложения нагрузки, при этом нагрузка равномерно распределена по длине режущей кромки ковша и на каждый зуб. В рамках предложенной постановки 3D задачи механики контактного взаимодействия программной системе конечных элементов анализа APM Studio получены поля компонентов тензора напряжений, а также найдены относительные перемещения в ковше экскаватора ЭО-3323.

Анализ полученных результатов. На рис. 3 представлены напряжения в ковше при нагрузке по 25 кН на каждый зуб, нагружение соответствует моменту заглупления ковша в грунт. В основном в ковше возникают напряжения 5-10 мПа (не отмеченные места). В местах, обозначенных цифрой 1, возникают напряжения 30-40 мПа, в местах 2 – 10-20 мПа, в местах 3 – до 160 мПа. Наиболее напряженные участки в ковше – это места крепления упоров к задней стенке (места 3), которые являются концентраторами напряжений.

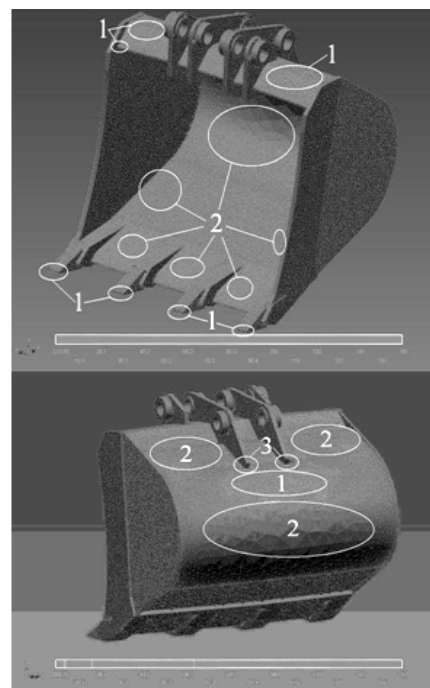


Рис. 3. Карта напряжений в ковше

На рис. 4 цифрами отмечены перемещения относительно мест крепления: 1 – 1,2-1,4 мм; 2 – 0,8-1 мм; 3 – 0,6-0,7 мм; 4 – 0,1-0,2 мм; 5 – 0-0,2 мм. Наибольшее перемещение при нагрузке от крепления присутствует в местах расположения зубьев, что можно объяснить приложением в этих места сосредоточенной нагрузки от разрабатываемого грунта. На рис. 5 цифрами отмечены деформации: 1 – растяжение 0,000070-

0,000080; 2 – сжатие 0,000040-0,000080. Неотмеченные места – растяжение 0,000006-0,000010.

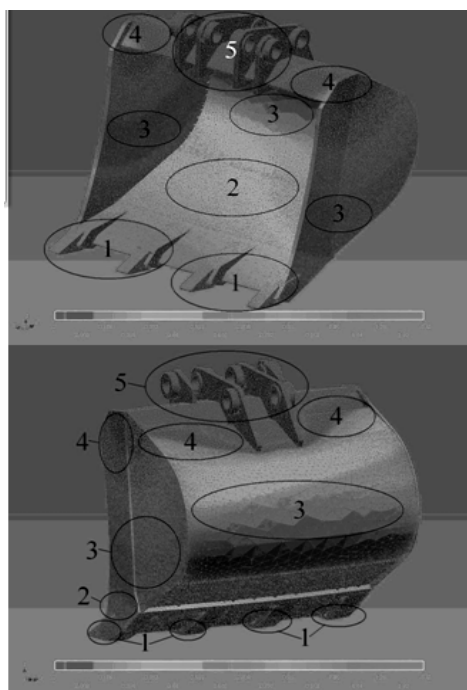


Рис. 4. Карта перемещений в ковше

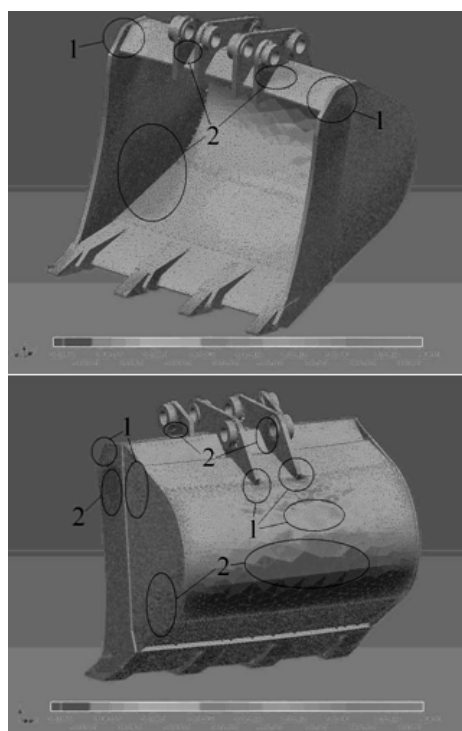


Рис. 5. Карта деформаций в ковше

Выводы: полученные результаты позволяют провести изменения конструкции таким образом, чтобы напряжения в ковше были приблизительно равны, не возникало мест с большим перепадом напряжений. Местами возможного размещения гибких ленточных нагревательных элементов являются задняя стенка ковша по обе стороны от мест крепления упоров к

задней стенке (рис. 6) и места перехода от задней стенки к днищу.

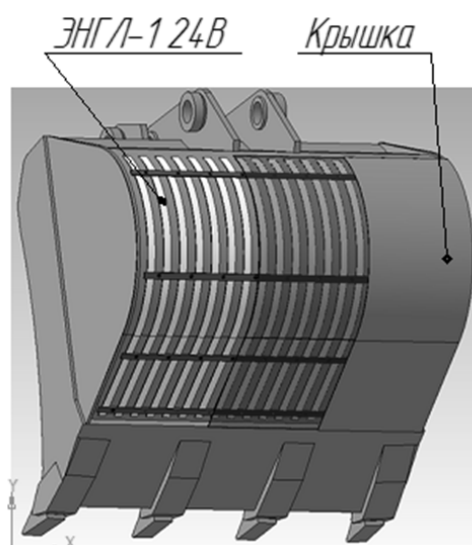


Рис. 6. 3D-модель ковша экскаватора ЭО-3322 с гибкими электронагревательными элементами ЭНГЛ-1

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Зеньков, С.А. Определение рациональных параметров оборудования интенсифицирующего действия к ковшам экскаваторов для снижения адгезии грунтов при отрицательных температурах: дис. ... канд. техн. наук. – М.: МАДИ, 1987. 246 с.
2. Зеньков, С.А. Определение рациональных параметров оборудования теплового действия к рабочим органам землеройных машин для разработки связных грунтов / С.А. Зеньков, К.А. Игнатъев, А.С. Филонов, Н.А. Балахонов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2013. Т. 2. № 2с. С. 124-129.
3. Зеньков, С.А. Эффективность гибких нагревательных элементов для борьбы с адгезией грунтов к землеройным машинам / С.А. Зеньков, К.А. Игнатъев, А.С. Филонов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 134-137.
4. Зеньков, С.А. Исследование влияния теплового воздействия на адгезию грунтов к рабочим органам землеройных машин / С.А. Зеньков, К.А. Игнатъев, А.С. Филонов, М.С. Банициков // Механики XXI века. 2013. № 12. С. 228-232.
5. АРМ WinMachine [Электронный ресурс] // Оптимальные решения в строительстве и машиностроении: [сайт]. [2013]. URL: http://apm.ru/produkti/programmnie_kompleksi/sistem_a_gascheta_proektirovaniya_obektov_mashinostroeniya/ (дата обращения 08.10.2013).
6. Козик, А.С. Конечно-элементное исследование напряженно-деформированного состояния ковша экскаватора ЭО-3323 / А.С. Козик, О.А. Буйлов, С.А. Зеньков, А.С. Зеньков // Механики XXI века. 2011. №10. С. 143-145.
7. Зеньков, С.А. Прочностной анализ конструкции ковша экскаватора ЭО-3323 при помощи САПР с целью установки противоадгезионных устройств /

С.А. Зеньков, Е.В. Курмашев, А.С. Козик, М.С. Банициков // Системы. Методы. Технологии. 2012. № 1. С. 66-70.

8. Зеньков, С.А. Выявление мест установки противоадгезионных устройств на основе прочностного

анализа ковша экскаватора / С.А. Зеньков, К.А. Игнатьев, С.Ю. Красавин, Э.И. Товмасын // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2012. Т. 1. С. 45-49.

MODELING THE INSTALLATION PLACES OF THERMAL ANTIADHESION DEVICES ON THE BASIS OF STRENGTH ANALYSIS OF EXCAVATOR BUCKET

© 2013 С.А. Zenkov, N.A. Balakhonov, E.S. Tovmasyan

Bratsk State University

With application of modern SAPR (CAD) programs the three-dimensional solid-state model was constructed and the calculation of stress-strain state of EO-3323 excavator bucket is settled. The maps of movements, deformations and stresses in a bucket are constructed and revealed most and least stressful places. Places where it is possible to dispose thermal devices for decrease in adhesion of soil to excavator buckets for the purpose of increase the effectiveness of their work are defined.

Key words: *systems of automated design (SAD), CAD (Computer Aided Design), excavator, bucket, three-dimensional solid-state model, tension, movement, deformation, adhesion, soil*