



УДК 62-822

**И.В. Никитаев**, к.т.н., доцент, кафедра ПТМ и МР ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
**П.Е. Желтухин**, студент 3 курса специальности 23.03.03 ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
**Е.А. Прыгов** студент 3 курса специальности 23.03.03 ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ УСИЛИЯ «ПРИСОСА» И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ГРЕЙФЕРА ПРИ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧЕ НАСЫПНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Ключевые слова: грейфер, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов, гидротрансформатор.*

*При добыче насыпных материалов под водой на днище грейфера в момент его отрыва с грунта действует усилие «присоса», а при зачерпывании на челюсти грейфера - силы сопротивления с учетом гидростатического давления. В данной статье рассмотрены вопросы уменьшения усилия «присоса» и напряженно-деформированное состояние металлоконструкции грейфера при подводной добыче насыпных материалов.*

При подводной добыче насыпных материалов кранами, в качестве грузозахватного органа часто применяется грейфер. Механизм подъема и зачерпывания грейфера плавучего крана не отличается от механизма подъема порталного крана, на котором при перегрузке сыпучих материалов так же в качестве грузозахватного органа используется грейфер. Однако, при работе грейфера в водонасыщенном материале под водой, при его зачерпывании и подъеме возникают дополнительные гидростатические силы: «присоса», фильтрации и вязкостного течения материала, зависящие от скорости зачерпывания материала и отрыва грейфера, что приводит к нагрузкам в канатах механизма подъема и металлоконструкции крана. Этот эффект наблюдается в краткий промежуток времени и может превышать на 30% допускаемые нагрузки на кран и является «пиковым».

В настоящее время 90% плавучих кранов имеют срок эксплуатации от 20 лет и более, что делает проблематичным их использование при подводной добыче, так как металлоконструкции изношены и не рассчитаны на подобные нагрузки [1].

Пиковые нагрузки возникают из-за физических процессов, происходящих при зачерпывании водонасыщенного материала под водой. В момент отрыва грейфера под его днищем происходит фильтрация воды через поры материала, при его сжатии, в момент схождения челюстей грейфера, поступление воды под днище грейфера для компенсации «присоса» грейфера из-за гидростатического давления столба жидкости.

Одно из решений данной проблемы заключается в установке между двигателем и редуктором лебедок механизма подъема гидротрансформаторов, соответствующих мощностям лебедок. Надежность их подтверждается длительной эксплуатацией в приводах тракторов, бульдозеров и локомотивов.

Гидротрансформаторы позволяют автоматически регулировать скорость подъема и замыкания грейфера, путем создания обратной связи между нагрузкой на канатах и скоростями зачерпывания и подъема грейфера [2]. Позволяют плавно изменять передаточное отношение от двигателя к редуктору в 3,5 раза в сторону увеличения и соответственно увеличивая крутящий момент на валу редуктора и, кроме того, является средством, предохраняющим привод от любых перегрузок, так как передача крутящего момента в нем осуществляется через жидкость, а не через жесткую кинематическую связь. Так же отпадает необходимость в ограничителе грузоподъемности в механизме подъема крана, требующего обслуживания и регулирования.

Челюсть грейфера рассмотрена в 2-х положениях: от начального заглубления и до момента смыкания. Силы сопротивления при внедрении челюстей грейфера в грунт показаны на рис.1.

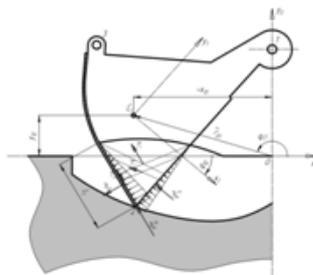


Рис. 1 - нагрузки, действующие на челюсть

При зачерпывании водонасыщенного материала под водой на элементы челюсти грейфера (боковины, днище, режущий пояс, пояс жёсткости) действуют силы сопротивления, на основании расчета [3] которых приведено напряжённно-деформированное состояние несущих структур грейфера - челюстей, тяг и траверс - на основе метода конечных элементов.

Был использован 4-узловой тетраэдральный конечный элемент с линейными функциями форм. Это позволило выполнить расчёт на прочность элементов челюстей грейфера [4].

По созданным в программном комплексе АРМ «WinMachine» объёмным геометрическим моделям несущих структур грейфера (челюстей, тяг и траверс) были построены их модели с помощью встраиваемой в « WinMachine» САЕ-программы «АРМ Structure3D».

Программой были определены все параметры напряжённного и деформированного состояния несущих структур грейфера.

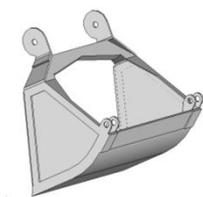


Рис. 1 - Объёмная геометрическая модель реконструированной челюсти

На рисунке 2 показана эпюра распределения эквивалентных напряжений в челюсти. Наибольшие напряжения в челюсти возникают вблизи соединения боковины с поперечной стяжкой (зона 2):

$$\sigma_{ekv\_2}^{расч} = 142(МПа)$$

В зонах 1, 3 и 4 возникают напряжения:

$$\sigma_{ekv\_1}^{расч} = 41.3(\text{МПа}), \sigma_{ekv\_3}^{расч} = 101(\text{МПа}), \sigma_{ekv\_4}^{расч} = 37(\text{МПа})$$

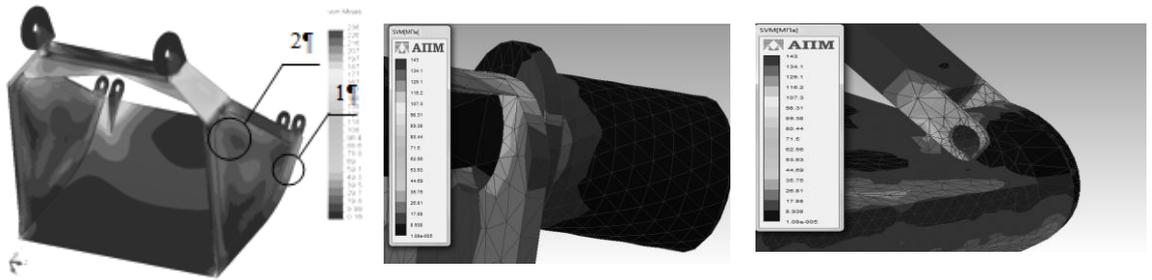


Рис. 2 - Эпюры эквивалентных напряжений челюсти

Был также проведен расчёт челюсти грейфера на прочность методом конечных элементов с использованием тетраэдра при сгущённой в исследуемых точках сетке.

Полученные эпюры напряжений на челюсти грейфера (рис. 3) позволяют разработать рекомендации для уменьшения нагруженности челюсти: например, добавить рёбра жёсткости и изменить конструкцию поперечной стяжки (рис. 2). Максимальные напряжения уменьшились в 1,43 раза.

### Список литературы:

- [1-] Слюсарев, А.С. Метод повышения ресурса и надежности плавучих кранов, работающих при подводной добыче, отработавших нормативный срок эксплуатации / А.С. Слюсарев, А.С. Яблоков. - Материалы II межвузовской научно-практической конференции студентов и аспирантов «Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России» 12-13 мая 2011 года. – СПб., 2011, С. 61 – 65.
- [2]. Нарбут, А.Н. Гидротрансформаторы/ А.Н. Нарбут – М.: Машиностроение, 1966. – 218 с.
- [3]. Никитаев, И.В. Судовые энергетические гидрогрейферные установки для добычи рудных материалов на континентальном шельфе: Дисс...канд.техн.наук. – Н.Новгород., 2000. – 211 с.
- [4]. Михайлов, И.В. Методика моделирования напряжённо-деформированного состояния несущих структур грейферов на основе метода конечных элементов / Проблемы динамики и прочности исполнительных механизмов и машин (2002, октябрь): Материалы научн. конф. / Астрахан. гос. техн. ун-т. - Астрахань: Изд-во АГТУ, 2002г. - 316 с., с. 186-188.

## INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF REDUCING THE "SUCCESS" EFFECT AND THE STRESS-DEFORMED CONDITION OF THE GRAPHIC METAL CONSTRUCTION UNDER THE UNDERWATER PRODUCTION OF FILLED MATERIALS

I.V. Nikitaev, P.E. Zheltukhin, E.A. Prytov

*Key words: clamshell, stress-strain state, finite element method, hydrotransformer*

*In the extraction of bulk materials on the bottom of the grab at the time of its separation from the ground, the force of the "suction cup" acts, and when scooping on the jaws of the grab - the forces of resistance taking into account the hydrostatic pressure. In this article, the problems of reducing the force of the "suction cup" and the stress-strain state of the grapple metal structure under underwater extraction of bulk materials.*

*Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов*

*Секция IV Техническая диагностика и ресурс подъемно-транспортной техники портов и транспортных терминалов*