



УДК 621.86.063.2

**Никитаев Игорь Владимирович**<sup>1</sup>, к.т.н., доцент кафедры ПТМ и МР,  
e-mail: inikitaev@bk.ru

**Рукодельцев Александр Сергеевич**, доцент кафедры ПТМ и МР,  
e-mail: rukodeltcev@vgavt-nn.ru

<sup>1</sup>Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия.

## ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИОННОГО РЕШЕНИЯ КАНАТНОГО ГРЕЙФЕРА С ПНЕВМОУДАРНЫМИ АКТИВНЫМИ ЗУБЬЯМИ

*Аннотация.* В данной статье предложена конструкция грейфера-рыхлителя с вибропобудителями, приводящих в колебание вокруг собственных шарниров на нижней траверсе грейфера. Отличительной особенностью конструкции грейфера является использование клыков активного типа, когда ударный режим работы клыков выполняется до момента расходования накопленной в процессе предыдущего раскрытия энергии.

*Ключевые слова:* грейфер, клыки активного типа, челюсти грейфера, вибровозбудители, смерзшийся грунт.

Более 50 % всех грузов, перевозимых в стране, составляют насыпные – уголь, руда, щебень, гравий, песок и др. Они являются источниками энергии и сырья для промышленности и перевозятся регулярно во все периоды года. От своевременной доставки этих грузов зависит ритм работы тепловых электростанций и промышленных предприятий. Только речной транспорт Российской Федерации ежегодно перемещает навалом около 500 миллионов тонн сыпучих материалов [1].

Фактическое обстоятельство климатического зимнего периода 2020-2021 годов показывает, что возможны природные аномалии, когда за дождливым периодом следует резкое (в пределах 1 суток) понижение температуры наружного воздуха с  $\Delta T = 10...15^{\circ}\text{C}$  с достижением значений минус  $10^{\circ}\text{C}$  и ниже. Указанное обстоятельство приводит к тому, что поверхностный слой насыпных грузов (песок, ПГС, гравий, уголь и т.п.) в складах открытого хранения сначала водонасыщается, затем он смерзается с образованием корки. В этих условиях рабочие органы подъёмно-транспортных машин (челюстные грейферы), изначально спроектированные для работы с сыпучим материалом не в состоянии обеспечить захват груза и первоначальное внедрение. Кроме того, даже в случае захвата отдельных выступов груза и его зажатия между челюстями, это приводит к развитию чрезмерных сдавливающих усилий на режущей кромке рабочего органа.

В условиях отсутствия на территории складирования тяжёлой техники в виде бульдозеров и бульдозеров-рыхлителей, причём не всегда углы складирования позволяют работать такой технике, операторы (машинисты) грейферных кранов (портальных, козловых и перегружателей) вынуждены самостоятельно производить рыхление груза путём «бросания» – скоростного опускания раскрытого рабочего органа на поверхность груза и многократного смыкания-размыкания челюстей грейфера. Этот метод приводит к снижению ресурса грейфера на отказ в до 10-20 раз.



Основные неисправности для данных наработок следующие [3]: перекося челюстей; разрыв челюстей в районе сварочных швов; изгиб тяг; изгиб режущих шин; изгиб боковых листов челюстей.

В целях возможности работы со смёрзшимися грузами А.Н. Зелениным [2] были сравнены эффективности способов разрушения мёрзлых грунтов по удельным сопротивлениям различным видам деформации и указано, что самым эффективным будет разрушение при простых видах деформации (одноосное растяжение, чистый сдвиг, изгиб), воспроизвести которые в смёрзшемся грунте разрабатываемыми органами ПТМ невозможно.

Анализ изменения составляющих сил сопротивления зачерпыванию смёрзшихся сыпучих материалов был проведен Суwegeиной Т.Ю., Никандровым И.С., Шурашовым А.Д. [4] с последующей разработкой инженерной методики расчета кинематических, технологических и энергетических параметров грейфера. Однако авторы не рассматривали силы сопротивления, возникающие в момент заглубления режущими поясами челюстей грейфера.

Из известных способов механического разрушения мёрзлых грунтов лучшими показателями обладает динамический скол, который достигается:

- свободно падающим рабочим органом;
- вибрационным рабочим органом;
- виброударным рабочим органом.

Экспериментальные исследования, проведенные на моделях и натуральных грейферах при зачерпывании крупнокускового материала, и теоретическая оценка процесса зачерпывания выявили основной недостаток существующих грейферов: для преодоления значительных сопротивлений при полном заполнении материалом челюстей грейфера необходимо создавать грейферы с большим собственным весом.

Одним из решающих средств улучшения зачерпывающей способности грейферов является введение в их конструкцию вибраторов. Работы с вибраторами были начаты в МЛТИ в 1951г. сначала на моделях, а затем на полупромышленных образцах грейферов для древесины. Использование виброэффекта должно значительно облегчить зачерпывание материалов грейферами, особенно для крупнокусковых материалов [3].

Вместе с тем в условиях необходимости применения устройств интенсификации внедрения и зачерпывания неминуемо возникает вопрос о подаче дополнительной энергии к устройствам вибровоздействия. Причём наибольшую роль в указанных условиях играет именно первоначальное внедрение как одно из условий взламывания корки смёрзшегося груза. Толщина корки смёрзшегося груза в зависимости от периода воздействия влаги и времени промерзания может достигать на грузах с низкой скоростью фильтрации (песок, ПГС) до 400 мм.

Одним из методов повышения возможности начального заглубления является оснащение челюстей клыками (клиньями), а повышение ресурса – изготовление челюстей рамной конструкции.

Для обеспечения повышенного усилия на режущей кромке челюсти необходимо повышение кратности грейферного полиспада с 4 до 6. Кроме того, авторским свидетельством СССР № 1364596 предложено оснастить двухчелюстной грейфер торсионном, создающим дополнительный момент смыкания челюстей.

Раскрытие порожнего грейфера в этом случае возможно за счёт неиспользуемой при раскрытии грейфера вертикального перемещения массы нижней траверсы, составляющей около 10% массы всего грейфера. Согласно предварительным расчётам неиспользуемая энергия в этом случае составляет около 10 кДж на примере двухчелюстного четырёхканатного грейфера для песка крану грузоподъёмностью 10 т.

На основе анализа применимости такого решения сделаны следующие выводы:



1. неиспользуемая энергия присутствует; суммарный угол закручивания торсиона составляет от 78 до 156 градусов при длине около 2 м, что нереализуемо при применении любых существующих конструкционных материалах на основе стали;
2. подача энергии на закрытие осуществляется в процессе всего времени закрытия, т.е. речь не идет об интенсификации внедрения на начальном этапе – угол внедрения деформатора изменяется от оптимального 90 градусов до неприемлемого 12 градусов, переводя режим интенсификации первоначального заглабления в режим снижения энергозатрат на резание смёрзшегося слоя.

На основе этих выводов было предложена конструкция грейфера-рыхлителя с вибропобудителями [1], приводящих в колебание вокруг собственных шарниров на нижней траверсе грейфера (рис. 1 и 2).

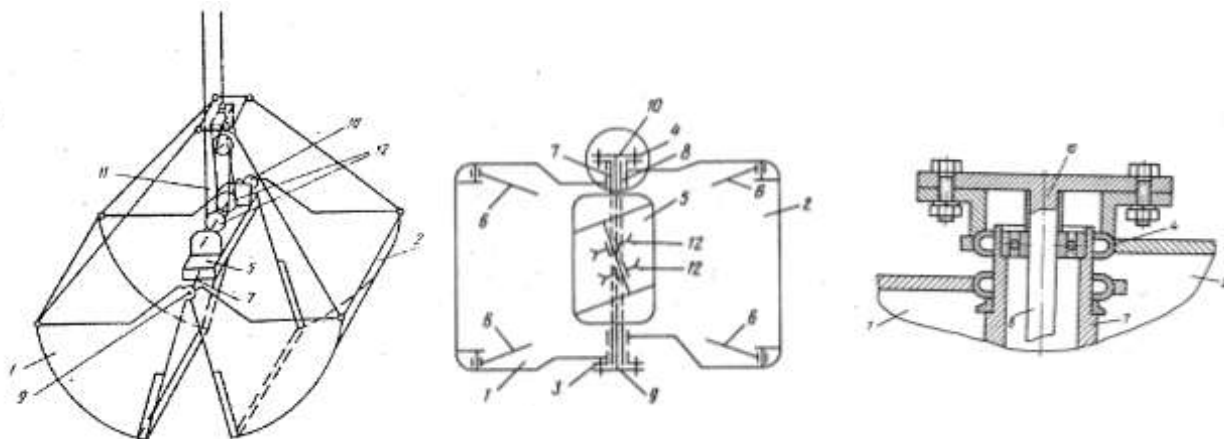


Рисунок 1- Схема грейфера с торсионным валом внутри нижней траверсы.

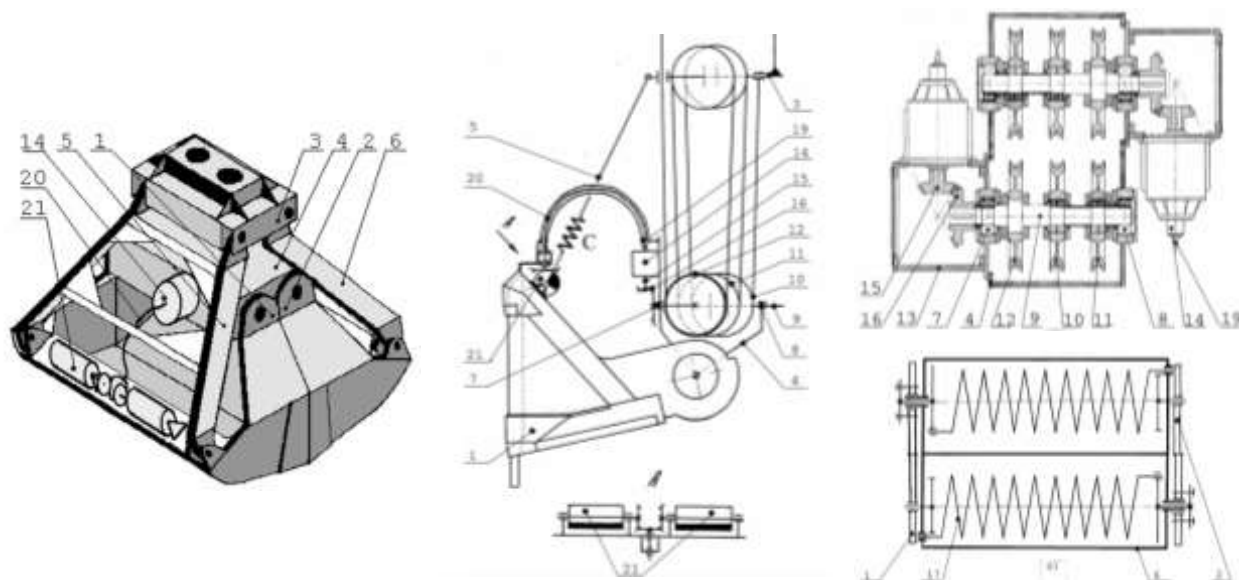


Рисунок 2 - Схема грейфера с пружинными аккумуляторами энергии и вибропобудителями.

Дальнейший анализ предлагаемой конструкции позволил сделать следующие выводы:

1. при подборе параметров массо-упруго-диссипативной модели колебаний челюсти грейфера-рыхлителя с вибропобудителями наблюдается незначительное повышение величины первоначального заглабления при почти

- полностью прекращении колебательного движения челюстей начиная с угла поворота из положения раскрытого грейфера 20...25 градусов;
2. В дальнейшем энергия вибровоздействия гасится набравшими массу за счёт взломанных и передвигаемых кусков груза челюстями;
  3. Энергию на первоначальное заглубление челюстей с клыками необходимо подводить на начальном этапе – в пределах 3 секунд из общей продолжительности времени закрытия. Т.е. необходимо разделить время внедрения и время закрытия.

Таким образом, на основе изложенного предлагается конструкция грейфера с клыками активного типа, когда ударный режим работы клыков выполняется до момента расходования накопленной в процессе предыдущего раскрытия энергии.

Подобная схема реализована при работе пневмоударного молотка, при всем том, что отдельного канала поступления энергии от иного источника не предполагается.

Основные задачи, выносимые в исследовательскую часть по заявленной модели:

1. подбор модели поведения смёрзшегося материала с учётом смены в процессе зачерпывания режима внедрения на режим резания из-за изменяемого угла положения деформатора и из-за свойств грейферного механизма как дифференциального;
2. подбор энергоносителя – гидравлическое оборудование, либо пневматическое;
3. подбор параметров накопителя и его размещение в объёме нижней траверсы грейфера;
4. подбор параметров активных клиньев и режима их работы (частота, энергия удара) и их размещение на режущем периметре челюстей грейфера;
5. методические рекомендации по конструированию специальных грейферов-рыхлителей с активными рабочими зубьями.

#### Список литературы:

1. Рукodeltsev, А.С. Определение эффективности применения вибрационного грейфера с аккумулятором энергии для перегрузки сыпучих материалов при отрицательных температурах : диссертация ... кандидата технических наук : 05.05.04. - Нижний Новгород, 2002. - 172 с. : ил.;
2. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. – М.: Машиностроение, 1968. – 375 с.;
3. Таубер Б.А. Грейферные механизмы. – М.: Машиностроение, 1967. — 424 с.
4. Суругегина Т.Ю., Никандров И.С., Шурашов А.Д. Разработка аккумулятора энергии раскрытия челюстей грейфера при перегрузке смерзшегося флотационного колчедана // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2.;

### INSTRUCTIONS FOR PREPARING ABSTRACTS FOR PUBLICATION IN THE MATERIALS OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL FORUM "TRANSPORT. DEVELOPMENT HORIZONS»

Igor V. Nikitaev, Alexander S. Rukodeltsev

*Abstract. This article proposes a design of a grab-ripper with vibration exciters, which vibrate around their own hinges on the lower traverse of the grab. A distinctive feature of the grab's design is the use of active-type canines, when the impact mode of the canines is performed until the energy accumulated during the previous deployment is consumed.*

*Keywords: grab, active fangs, grab jaws, vibration exciters, frozen ground.*

