

Интенсивные волновые явления в настроенном ГВТ позволяют в принципе, во-первых, превысить единичное значение величины  $\eta_v / \phi_s$  (организуя продувку КК и настройку впуска в КК), а во-вторых, приблизить к единице  $\phi_s$ , минимизировав потери смеси при продувке (используя дозарядку на выпуске).

В результате проведенного поиска найден вариант ГВТ, для которого коэффициент наполнения заметно превышает единицу ( $\eta_v = 1,1$ ). Еще больше единицы, естественно, оказывается расчетный коэффициент подачи  $\eta_v / \phi_s = 1,3$ , т. е. продувка КК под действием волновых явлений в настроенных выпускных и впускных каналах существенна. Полученную теоретически величину  $\eta_v = 1,1$  следует расценивать как предельно достижимое значение коэффициента наполнения для рассмотренной конструкции ГВТ ДВС, даваемое моделями классической теории газообмена, выведенными из законов сохранения для одно- и нульмерных форм движения газовой смеси в каналах и емкостях ГВТ и «замкнутых» реалистичными характеристиками потерь полного давления на местных сопротивлениях и потерь СЗ при стационарной продувке.

И все же опыт и здравый смысл подсказывают, что рекомендации, подобные приведенным, на практике являются лишь отправной точкой для поиска конкретного решения применительно к реальному ДВС.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудой Б. П. Теория газообмена ДВС: Учеб. пособие. // Ред. Ф.Г. Бакиров. — Уфа: УАИ, 1978. — 110 с.
2. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. // Изд. 8-е, перераб. — М.: Наука, 1977. — 440 с.
3. Горбачев В. Г., Загайко С. А., Рудая Н. В. и др. Система имитационного моделирования «Альбея» (ядро). Руководство пользователя. Руководство программиста. // Учебное пособие. — Уфа: УГАТУ, 1995. — 112 с.
4. Рудой Б. П. Прикладная нестационарная гидрогазодинамика. — Уфа: УАИ, 1988. — 184 с.
5. Рудой Б. П., Черноусов А. А. Определение продувочных характеристик рабочих камер двигателей внутреннего сгорания вычислительным экспериментом. // Тр. Межд. н.-техн. конф., 23—25 апреля 2003-г., Челябинск: Изд.-во ЮУрГУ, 2003. — С. 133—140.
6. Черноусов А. А. К выбору метода численного интегрирования уравнений одномерного движения газов в каналах ДВС. // Известия вузов. Машиностроение. (по состоянию на 30.05.2007 — в печати).
7. <ftp://ftp.aic.nrl.navy.mil/pub/galist/src/genesis.tar.Z>.

621.86.063

### СПЕЦИАЛЬНЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СМЕРЗШИХСЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

*Инж. О. Ю. МАЛИКОВ, инж. В. А. СЕВАСТЬЯНОВ, инж. А. М. СОКОЛОВ*

*Рассматриваются проблемы создания специального рабочего органа для выполнения круглогодичных работ по перегрузке сыпучих материалов, в том числе и подвергшихся смерзанию.*

*Questions of creation a special working committee for completing a year's cycle on loose materials loading including those under the frozen condition are discussed.*

В большинстве регионов России длительность навигации ограничена климатическими условиями и составляет в среднем 4...6 месяцев в году. Перегрузочные работы в этот период осложняются промерзанием сыпучих материалов при хранении в штабеле на

складах-накопителях. Образование на поверхности штабеля прочной смерзшейся корки приводит к изменению агрегатного состояния материала, снижению работоспособности и производительности используемой перегрузочной техники из-за повышения действующих нагрузок, поэтому себестоимость перегрузочных работ возрастает в 4...6 раз.

Наиболее массовые сыпучие материалы, перегружаемые в речных портах — это песок (40 %), ПГС (23 %), уголь (17 %), гравий (15 %) [1, 2].

Основным перегрузочным средством причалов речных портов являются грейферные краны, составляющие 72 % от всего используемого перегрузочного оборудования.

В процессе перегрузки серийными канатными грейферами смерзшихся сыпучих материалов (ССМ), при их промерзании на глубину 0,10...0,15 м, зачерпывающая способность грейферов снижается до нуля. Нарботка до капитального ремонта сокращается в 10—20 раз. Нарботка на отказ грейферов составляет 5—10 тыс. т по сравнению с 1000 тыс. т для обычных условий работы.

Поэтому задача создания эффективного канатного грейфера-рыхлителя для ССМ исключительно актуальна для большинства речных и морских портов страны.

Но основная трудность в создании эффективных конструкций канатных грейферов-рыхлителей заключается в отсутствии методики их расчета.

Существующие математические модели (ММ) процесса зачерпывания сыпучих материалов канатным грейфером разработаны для расчета грейферов, работающих при положительных температурах воздуха. Указанные ММ не учитывают изменения агрегатного состояния сыпучих материалов при промерзании. Не учитывается различие и взаимное влияние физико-механических характеристик смерзшегося слоя и сыпучего основания ССМ.

Поэтому использование указанных ММ в расчетах при создании новых эффективных конструкций канатных грейферов-рыхлителей для ССМ не правомерно, так как приводит к значительному занижению расчетных нагрузок, действующих на элементы грейфера.

В результате экспериментальных и теоретических исследований, проведенных автором, определены закономерности промерзания сыпучих материалов и предложена модель изменения параметров, характеризующих физико-механические свойства ССМ.

В результате исследования взаимодействия канатного грейфера с ССМ разработана ММ внедрения режущих элементов (РЭ) челюстей грейфера в смерзшуюся корку, ее рыхления челюстями с последующим зачерпыванием грейфером-рыхлителем разрыхленного материала. При анализе сил сопротивления внедрению челюстей грейфера в ССМ получено энергетическое уравнение для максимальной глубины внедрения челюстей грейфера в ССМ. Установлена глубина внедрения РЭ в ССМ, до которой целесообразно устанавливать на челюстях грейфера конусные РЭ, а после — клиновые.

При исследовании смыкания челюстей выявлено, что кинематическое передаточное число грейферного механизма есть величина переменная, которая в процессе смыкания челюстей монотонно убывает, проходя через единицу, и достигает минимального значения, меньшего единицы, в конце смыкания челюстей.

Полученные ММ начала смыкания челюстей, когда происходит захват, сжатие и рыхление смерзшейся корки, позволяют определить предельные значения силы в замыкающем канате грейфера, его максимальный вес и максимальную величину начального заглубления в ССМ, когда возможно рыхление смерзшейся корки грейфером-рыхлителем. При этом учитывали, что, согласно требованиям ГОСТ 24599-81, максимальный вес грейфера для трудно зачерпываемых материалов не должен превышать 0,6 грузоподъемности крана, а сила в замыкающем канате не должна превышать грузоподъемности крана.

Применение вновь разработанной методики расчета грейферов-рыхлителей, учитывающей значительное повышение нагрузок на грейфер при разработке ССМ, позволило создать рамную металлоконструкцию челюстей. Данная конструкция позволяет грейферу-рыхлителю выдерживать максимальные нагрузки и при этом иметь вес, не превышающий максимально допустимого значения согласно ГОСТ 24599-81.

С использованием метода математического планирования эксперимента исследовано влияние длины режущего элемента, угла его заострения и глубины внедрения РЭ в смерзшийся слой на силу сопротивления внедрению в ССМ

$$P = 8506 + 4426x_1 - 2266x_2 + 7746x_3 - 702x_1x_2 + 3992x_1x_3 - 2699x_2x_3 - 980x_1x_2x_3.$$

Показано, что рациональная область длины кромки РЭ с уменьшением угла заострения с  $60^\circ$  до  $35^\circ$  уменьшается с 0,17 до 0,14 м, после чего начинает вновь возрастать, достигая значения 0,4 м при угле заострения  $22^\circ$ .

Установлены рациональные параметры: длина режущей кромки РЭ — 150...170 мм, угол заострения —  $35^\circ$ ...  $50^\circ$  и глубина его внедрения в ССМ — 150...200 мм.

В результате исследования физико-механических свойств ССМ и проведения натурных испытаний разработана инженерная методика расчета, спроектированы и изготовлены опытные образцы канатного грейфера-рыхлителя вместимостью 2,5 и 3,2 м<sup>3</sup>. Указанные грейферы-рыхлители испытаны в Нижегородском речном порту в межнавигационный период 1987—1992 г.г. и внедрены в практику перегрузочных работ в речных портах Волжского объединенного речного пароходства (ВОРП).

При работе грейфера-рыхлителя его наработка до первого капитального ремонта составила 141,7 тыс. т перегруженного ССМ, что превышает наработку (10 тыс. т) аналогичного серийного канатного грейфера более чем в 14 раз [3]. Испытаниями подтвержден минимум энергозатрат на разрушение смерзшейся корки ССМ при шаге расстановки РЭ на челюстях грейфера-рыхлителя, равном (2,0...2,5) длины режущей кромки РЭ.

При работе грейфера-рыхлителя на ССМ его коэффициент заполнения составил на угле — 0,6; на песке и ПГС — 0,8. Для серийного грейфера аналогичного класса при тех же условиях работы он составил 0...0,2.

Производительность порталного крана при работе с канатным грейфером-рыхлителем снижалась незначительно (на 5...10 %) при возрастании толщины смерзшейся корки ССМ в 6...14 раз.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Севастьянов В. А. Разработка и применение специальных канатных грейферов-рыхлителей для перегрузки смерзшихся материалов // Новое в подъемно-транспортном машиностроении: Тезисы докл. научно-техн. конф. — М., 1991. — 66 с.
2. Севастьянов В. А. Расширение функциональных возможностей канатных грейферов для переработки смерзшихся сыпучих материалов // Проблемы развития и совершенствования подъемно-транспортной, складской техники и технологии: Тезисы 2-й Всесоюзной научно техн. конф. — М., 1990. — 112 с.