

Время полного распада фильтрационной оболочки толщиной 3 мм химического состава активной буферной жидкости обычно составляет от 1 до 5 мин (в зависимости от концентрации компонента используемого ингредиента). Компоненты этой жидкости не подвержены коррозии и производятся в больших масштабах. Буферная жидкость используется в объемах от 3 до 6 м<sup>3</sup>.

Физические свойства жидкости, добываемой из газоконденсатной скважины (низкая вязкость, низкая плотность), вероятно, приведут к образованию армированного канала в заднем пространстве трубы в ожидании затвердевания цементной смеси.

Чтобы избежать подобных осложнений, разработана технология цементирования скважин, обеспечивающая герметичность цементного кольца за стволом скважины, которая определяет последовательность операций при выборе рецептуры буферной смеси, прогнозировании герметичности цементного кольца при заданных геолого-технических условиях. Условия при выборе управляющих эффектов – которые необходимо предотвратить. Важнейшим элементом этой технологии является прогнозирование порядка герметичности цементного кольца по традиционным параметрам с помощью компьютерных программ.

При цементировании горизонтальных скважин важным аспектом является правильный выбор физических свойств цементного раствора.

#### Литература

1. Барановский, В. Д. Крепление и цементирование наклонных скважин / В. Д. Барановский, А. И. Булатов, В. И. Крылов. – М. : Недра, 1983. – С. 273.
2. Каримов, Е. Л. Гидравлическая закладка выработанного пространства при подземной добыче калийных руд / Е. Л. Каримов, З. Е. Латипов, А. М. Хужакулов // Journal of Advances in Engineering Technology – Navoi, 2020. – № 1. – Р. 25–28.
3. Виноградова, О. В. Горизонтальное бурение при эксплуатации месторождений нефти / О. В. Виноградова, Н. С. Толстой // Геология нефти и газа. – 1990. – №. 12.
4. Повжик, П. П. Оценка параметра анизотропии пласта по проницаемости карбонатных коллекторов / П. П. Повжик, С. Н. Кадол // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2015. – №. 4. – С. 5–7.
5. Повжик, П. П. Разработка алгоритма исследований рабочих жидкостей для вскрытия и воздействия на низкопроницаемые и нетрадиционные коллектора / П. П. Повжик, Н. А. Демянченко // Инженер-нефтяник. – 2019. – №. 4. – С. 16–22.

УДК 621.878.448

### **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА «АМКОДОР-332В»**

**Д. Г. Кудренко**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. Б. Попов

*Рассмотрены формирование функциональной математической модели подъемно-навесного устройства фронтального погрузчика «АМКОДОР 332В», а также построение схемы механизма подъема стрелы и механизма поворота траверсы для проведения математических анализов.*

**Ключевые слова:** математическая модель, силовой анализ, АМКОДОР 332В.

**FUNCTIONAL MATHEMATICAL MODEL OF A FRONT LOADER'S LIFTING AND ATTACHMENT DEVICE «AMKODOR 332B»**

**D. G. Kudrenok**

*Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus*

Science supervisor V. B. Popov

*Formation of a functional mathematical model of the lifting and attachment device of the «AMKODOR 332B» front loader, as well as the construction of a diagram of the boom lifting mechanism and the traverse turning mechanism for mathematical analyses.*

**Keywords:** mathematical model, force analysis, AMKODOR 332B.

Погрузчик фронтальный одноковшовый АМКОДОР 332В (рис. 1) предназначен для механизации погрузочно-разгрузочных работ, выполнения землеройно-транспортных работ на грунтах до III категории без предварительного рыхления и на грунтах IV категории после предварительного рыхления, строительно-монтажных и такелажных работ.



*Рис. 1. Погрузчик фронтальный одноковшовый АМКОДОР 332В*

Подъемно-навесное устройство (ПНУ) погрузчика состоит из симметричного расположенных гидроприводов, а также механизмов подъема стрелы и поворота траверсы, на которой крепится сменный рабочий орган.

Эффективность агрегатирования шасси погрузочного многофункционального (ШПМ) с различными рабочими орудиями и машинами определяется, в первую очередь, грузоподъемностью его ПНУ. ПНУ – это необходимый комплект механизмов, предназначенных для связи мобильного энергоносителя (ШПМ) с рабочим орудием или машиной.

Состоит ПНУ ШПМ из объемного гидропривода, гидроцилиндры которого движут расположенные симметрично относительно продольной плоскости симметрии ШПМ механизмы подъема стрелы (МПС) и поворота траверсы (МПТ), на которой жестко крепится рабочее орудие (РО). На рис. 2 представлен плоский аналог механизмов ПНУ шасси «АМКОДОР-332С» – структурная схема с РО в виде ковша.



$$Y_{S_9}(S, S_1) = Y_{09}(S) + L_{S_9} \sin[\varphi_9(S_1) + \varphi_{S_9}], \quad (4)$$

где  $\varphi_9$  – угол, образуемый вектором  $L_9$  (геометрическая модель траверсы) в правой декартовой системе координат;  $\varphi_{S_9}$  – угол между векторами  $L_9$  и  $L_{S_9}$  в момент начала движения закрепленного на траверсе РО.

Влияние МПС и МПТ на изменение координат центра тяжести РО однозначно связано с изменением независимых друг от друга обобщенных координат  $S$  и  $S_1$ . Причем первая изменяет положение оси подвеса стрелы ( $\Pi_{09}$ ) относительно ШПМ, а вторая – положение траверсы ( $L_9$ ) относительно оси подвеса.

Понятие грузоподъемности ПНУ ШПМ введено по аналогии с грузоподъемностью ПНУ колесного трактора. Грузоподъемность ПНУ трактора определяется массой поднимаемого груза ( $m$ ) при максимальной величине усилия на штоке гидроцилиндра механизма навески (МН)  $F_{шт}^{\max}$ :

$$m = \frac{F_{шт}^{\max} \eta_{МН}}{g I_S}, \quad (5)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения;  $I_S$  – передаточное число МН;  $\eta_{МН}$  – КПД МН.

Передаточное число МН представляет собой аналог вертикальной скорости центра тяжести РО или кинематическую передаточную функцию 1-го порядка, зависящую только от внутренних параметров механизмов ПНУ ШПМ.

Максимально сила на штоке гидроцилиндра МПС определяется по выражению

$$F_{шт}^{\max} = p_{гц}^{\max} F_{п}, \quad (6)$$

где  $F_{п}$  – площадь поршня со стороны напорной магистрали.

В выражении верхняя граница  $p_{гц}^{\max}$  определяется настройкой предохранительного клапана гидропривода ПНУ.

С учетом принятых допущений из выражения получим уравнение установившегося движения двух нагруженных поршней силовых гидроцилиндров:

$$(m_{РО} I_{S_9} + m_{стр} I_{S_3}) g = F_{шт}^{\max} - F_{гц}(S), \quad (7)$$

где  $I_{S_9}$ ,  $I_{S_3}$  – аналоги вертикальной скорости характерных точек – центров тяжести рабочего орудия и стрелы.

Передаточное число МПС ( $I_{S_9}$ ) и аналог вертикальной скорости центра тяжести, закрепленного на траверсе РО – синонимы. Аналоги вертикальных скоростей характерных точек МПС и МПТ получают дифференцированием по независимой переменной  $t$  выражений, разделив затем результаты на независимые друг от друга  $S$ ,  $S_1$  соответственно:

$$I_{S_3}(S) = \varphi'_3(S) L_{S_3} \cdot \cos[\varphi_3(S) + \Delta\varphi_1]; \quad (8)$$

$$I_{09}(S) = \varphi'_3(S)L_{39} \cdot \cos(\varphi_{39}(S)); \quad (9)$$

$$I_{S9}(S, S_1) = I_{09}(S) + \varphi'_5(S_1) \cdot U_{97}(S_1)L_{59} \cdot \cos(\varphi_9(S_1)), \quad (10)$$

где  $\varphi'_3(S)$  и  $\varphi'_5(S_1)$  – аналоги угловой скорости звеньев  $L_3$  и  $L_5$ ;  $I_{09}(S)$  – аналог вертикальной скорости оси подвеса стрелы;  $U_{97}(S_1)$  – передаточное отношение угловых скоростей звеньев  $L_9$  и  $L_7$  МПТ.

Поскольку аналоги вертикальных скоростей характерных точек изменяются в зависимости от текущего положения звеньев МПС и МПТ, постольку и грузоподъемность ПНУ –  $G(S, S_1)$  в диапазоне изменения обобщенных координат  $(S, S_1)$ , как это следует из уравнения, будет величиной переменной:

$$G(S, S_1) = \frac{p_{\text{гн}}^{\text{max}} F_H - F_{\text{гн}}(S)}{\left[ I_{S9}(S, S_1) + I_{S3}(S) \frac{m_{\text{стр}}}{m_{\text{по}}} \right] g}. \quad (11)$$

Конструктора интересует, как правило, минимальное значение грузоподъемности, поскольку РО с таким весом устойчиво перемещается ПНУ во всем диапазоне изменения  $(S, S_1)$ . В этом положении аналог вертикальной скорости центра тяжести РО – наиболее влиятельный выходной параметр МПС, становится максимальным. Грузоподъемность можно рассматривать, как обобщенный показатель качества ПНУ, зависящий, с одной стороны, от параметров гидропривода – давления в гидроцилиндре и площади его поршня со стороны напорной магистрали, а с другой – от параметров механизмов ПНУ и рабочего органа – их масс, передаточных чисел и КПД.

#### Литература

1. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин : учеб. для втузов / И. И. Артоболевский. – М. : Наука, 1988. – 640 с.
2. Попов, В. Б. Аналитические выражения кинематических передаточных функций механизмов навески энергоносителей / В. Б. Попов // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2000. – № 2. – С. 25–29.
3. Попов, В. Б. Определение грузоподъемности подъемно-навесного устройства шасси погрузочного многофункционального «АМКОДОР 332С» / В. Б. Попов // Проблемы безопасности на транспорте : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 2012 г. / Беларус. гос. ун-т транспорта ; под общ. ред. В. И. Сенько. – Гомель, 2012. – С. 99–101.
4. Кудренко, Д. Г. Математическое моделирование навесного погрузочного оборудования экскаватора погрузчика «АМКОДОР» 702 ЕМ-03 / Д. Г. Кудренко // Беларусь в современном мире : материалы XVI Междунар. науч. конф. студентов, магистрантов и аспирантов ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023.
5. Кудренко, Д. Г. Математическое моделирование механизма подъема косилки-плющилки КС-200 / Д. Г. Кудренко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики : материалы XXIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 27–28 апр. 2023 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2023. – Ч. 1. – 293 с.