

УДК 622.232.32

Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.А. Кузнецов, Ю.В. Беззуб

ИМИТАЦИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ГИДРОЦИЛИНДРА С МЕХАНИЗМОМ ФИКСАЦИИ

Представлена математическая модель и реализующая ее методика расчета показателей рабочего процесса исполнительного гидроцилиндра с механизмом фиксации для гидравлического опрокидывающего устройства автомобилей-самосвалов. Разработана программа ее реализации на ПЭВМ.

Ключевые слова: гидроцилиндр, механизм фиксации, безопасность, оператор, рабочий процесс, имитационная математическая модель, грузовая платформа, гидропривод.

В настоящее время перед организациями, эксплуатирующими автомобили-самосвалы, стоит проблема безопасности операторов данного вида техники. Ежегодно, например, в строительной отрасли страны из-за самопроизвольного опускания (падения) грузовых самосвальных платформ с гидравлическим приводом погибает до 30 человек.

Авторами разработан и запатентован гидроцилиндр двустороннего действия с механизмом фиксации – механическим шариковым замком, который позволяет фиксировать платформу при нарушении герметичности гидропривода (рис.1).

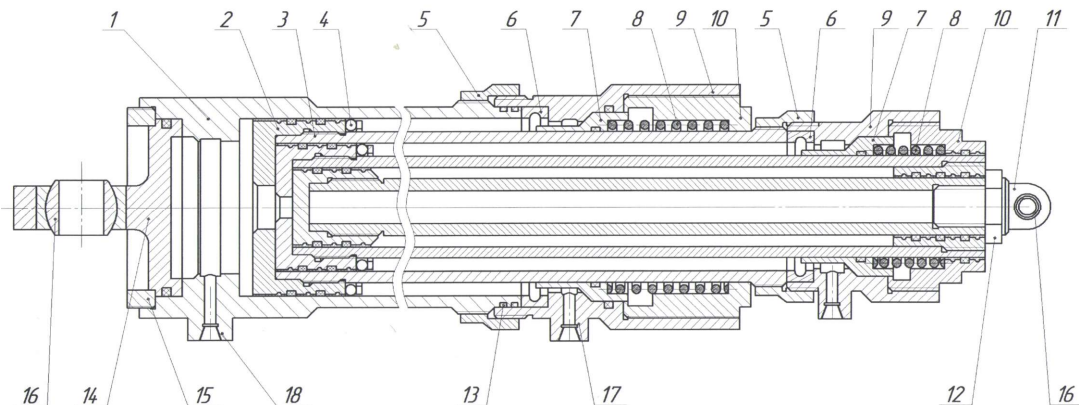


Рис. 1. Схема силового гидроцилиндра:

- 1 – корпус; 2 – поршень; 3 – шток; 4 – шарики; 5 – соединительные гайки;
 6 – кольца замка; 7 – распорные цилиндры; 8 – пружины;
 9 – запорные цилиндры; 10 – направляющие секции штока цилиндров;
 11, 14 – ушковые узлы; 12 – контргайка; 13 – резиновые и фторопластовые кольца;
 15 – резьбовая гайка; 16 – сферические кольца; 17, 18 – штуцеры

Для расчета основных проектных параметров гидроцилиндра авторами разработана имитационная математическая модель динамики рабочего процесса телескопического трехсекционного гидроцилиндра двустороннего действия с механизмом фиксации – механическим шариковым замком. Расчетная схема для имитационной модели представлена на рис. 2.

Уравнение равновесия сил, действующих при работе подвижных элементов исполнительного гидроцилиндра:

$$F_{ДВ} - F_{ИН} - F_{Ж} - F_{ТР} - F_3 - F_{ГС} = \pm F_n,$$

где $F_{ДВ}$ – движущая сила, Н; $F_{ИН}$ – сила инерции подвижных масс, Н; $F_{Ж}$ – сила гидравлических сопротивлений течению жидкости, Н; $F_{ТР}$ – сила трения в направляющих скольжения и уплотнениях, Н; F_3 – сила, затраченная на открытие механического замка первой и второй секций, Н; $F_{ГС}$ – сила гидравлических сопротивлений от дросселирова-

где $S_{1,2}$ – площадь проходного сечения полостей (для поршневой полости $S_1 = \frac{\pi D^2}{4}$, а для штоковой – $S_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$); $P_{Cl,2}$ – суммарные потери давления в магистралях, примыкающих к соответствующим полостям гидроцилиндра.

При сливе масла по этим магистралям потери давления определяются размерами магистралей и скоростью течения рабочей жидкости в них:

$$P_{Cl,2} = \sum_{i=1}^n k_i V_{жi}^2,$$

где k_i – коэффициент потерь давления на i -м участке сливной магистрали; $V_{жi}$ – скорость течения рабочей жидкости на i -м участке сливной магистрали.

Для трубопровода

$$k_i = \lambda \rho_{ж} \frac{l}{d 2g},$$

где l и d – длина и внутренний диаметр трубопровода; $\rho_{ж}$ – плотность рабочей жидкости; g – ускорение свободного падения; λ – коэффициент трения жидкости о стенки трубопровода, зависящий от режима течения жидкости.

При ламинарном режиме течения $\lambda = 75/Re$, при турбулентном – $\lambda = 0,3164Re^{-0,25}$.

Здесь $Re = \frac{V_{ж} d}{\nu}$ – критерий Рейнольдса, определяющий режим течения жидкости; ν – коэффициент кинематической вязкости. При $Re \leq 2200 \dots 2300$ режим течения ламинарный, при $Re > 2200 \dots 2300$ режим течения турбулентный.

Для расчета потерь давления на гидравлических сопротивлениях (ответвления трубопровода, дроссели, распределители и т.д.) применяют формулу

$$K_i = \zeta \frac{\rho_{ж}}{2},$$

где ζ – безразмерный коэффициент местного сопротивления, определяемый экспериментально.

Усилия для открытия замка будем определять по формуле

$$F_3 = \frac{\pi}{4} (D_{рц1,2}^2 - d_{ш1,2}^2) c_{1,2},$$

где $D_{рц1,2}$ – диаметр распорного цилиндра замка первой и второй секций, м; $d_{ш1,2}$ – диаметры штоков первой и второй секций, м; $c_{1,2}$ – жесткость пружины распорного цилиндра, Н/м.

Нагружающие усилия F_{Hi} , приложенные в местах крепления грузовой платформы опрокидывающего механизма, зависят от конструкции механизма и являются функциями массы и положения в пространстве, приведенного к координате перемещения соответствующей секции исполнительного гидроцилиндра:

$$F_{Hi} = f(m_i, x_i).$$

Рассматриваемая методика построения алгоритма программной реализации «Hydraulic Cylinder» составлена для имитационной математической модели исполнительного трехсекционного телескопического гидроцилиндра двустороннего действия с механизмом фиксации – механическим шариковым замком.

Сокращенная блок–схема алгоритма программы представлена на рис. 3.

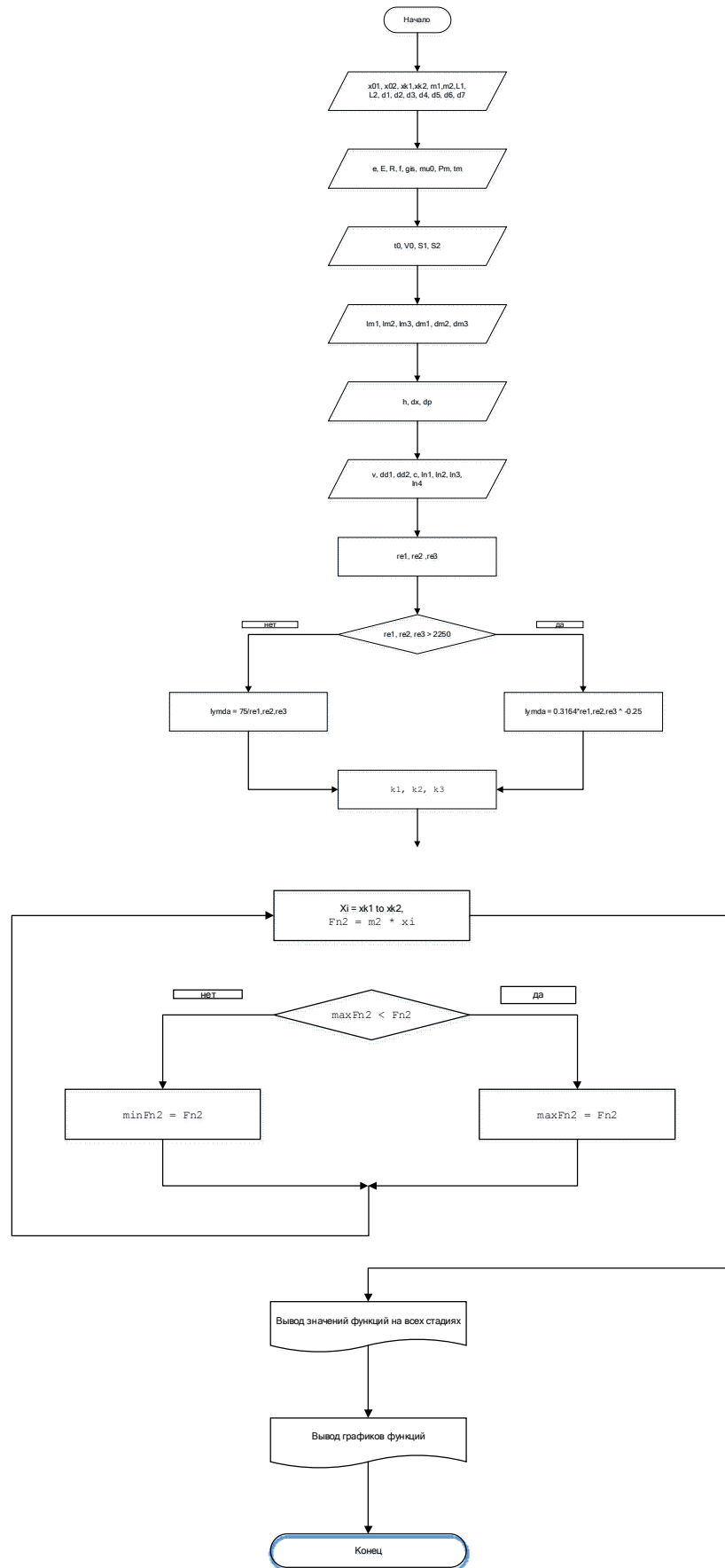


Рис. 3. Блок-схема алгоритма программы «Hydraulic Cylinder»

Приведенная имитационная математическая модель может быть положена в основу математического обеспечения САПР. Уже на этапе проектирования она позволит, определить работоспособность и нагрузочный режим исполнительных гидроцилиндров опрокидывающих механизмов, повысить инвариантность и качество принимаемых проектных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ереско, А.С. Совершенствование гидропривода грузоподъемных механизмов подъемно-транспортных и строительно-дорожных машин: дис... канд. техн. наук/А.С. Ереско. – Красноярск, 2004. – 196 с.
2. Лагереv, А.В. Прогнозирование кинетики показателей надежности гидроприводов подъемно-транспортной техники на основе имитационного моделирования потока отказов элементов/ А.В. Лагереv, В.И. Аверченков, Е.А. Лагерева //Вестн. Брян. гос. техн. ун-та. - 2012. – №2(34). – С. 8-16.
3. Строгалов, В.П. Имитационное моделирование /В.П. Строгалов, И.О. Толкачева. – М.: Изд-во МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 280 с.
4. Пат. 130013 U1 РФ. ПМК F15B 15/26 / Христофоров Е.Н., Сакович Н.Е., Беззуб Ю.В., Кузнецов А.А., Ковалев А.Ф. – Оpubл. 10.07.13, Бюл. №19.

Материал поступил в редколлегию 1.07.14.