

УДК 621.869.4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНЫХ УСТРОЙСТВ ФРОНТАЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ

В.Б. Попов¹, О.В. Рехлицкий²

¹УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого» г. Гомель, Беларусь

²НТЦК «ОАО Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

В сельскохозяйственном производстве, дорожном и городском строительстве, фронтальные погрузчики (ФП) успешно решают проблему механизации труда. Растущий шлейф сменного рабочего оборудования выдвигает проблему агрегатирования ФП и рабочих машин на одно из первых мест. Необходимый для обеспечения конкурентоспособности рост показателей эффективности работы ФП в немалой степени определяется характеристиками его подъемно-навесного устройства (ПНУ). В условиях ограничений на материальные, финансовые и трудовые ресурсы обеспечение требуемых показателей качества ПНУ возможно только за счет автоматизации проектирования, базирующейся на соответствующем математическом обеспечении.

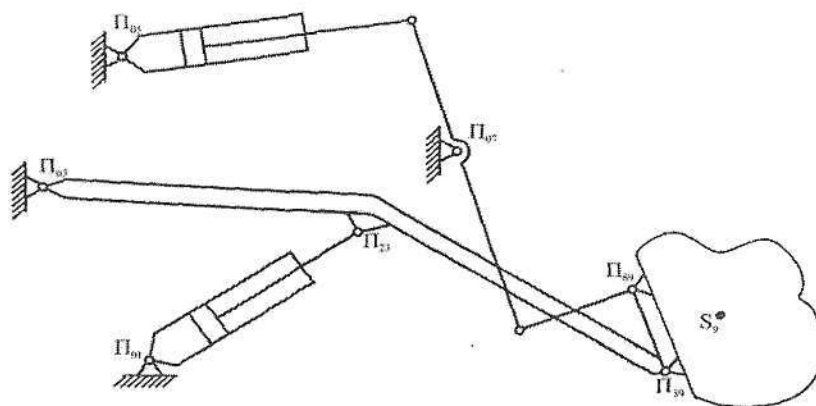


Рис. 1 - Схема механизмов подъема стрелы и поворота траверсы фронтального погрузчика

ПНУ состоит из нерегулируемого объемного гидропривода, гидроцилиндры которого приводят в движение, расположенные симметрично относительно продольной плоскости симметрии ФП механизмы подъема стрелы (МПС) и поворота траверсы (МПТ). МПС большинства погрузчиков устроен одинаково: на раме ФП шарнирно закреплена стрела, поворачиваемая при помощи гидроцилиндра в продольной плоскости. Структурный анализ показывает, что в проекции на продольную плоскость сим-

метрии погрузчика МПС представляет собой одноподвижный четырехзвенник со средней поступательной парой. Справа и слева на стреле шарнирно закреплены два МПТ, включающие два гидроцилиндра, соединенные одним концом со стрелой, а другим через рычаги и тяги с рабочим органом. На плоскости МПТ идентифицируется одноподвижным шестизвенником. Гидроприводы ФП формируются по единой схеме, в составе которой, как правило, присутствуют: шестеренный гидронасос, трехпозиционный гидрораспределитель, силовой односторонний гидроцилиндр, фильтр, бак и предохранительный клапан, замкнутые в цепь гидромагистральями.

Ряд показателей качества погрузчика (определяемых структурой и параметрами ПНУ): грузоподъемность ПНУ, вылет стрелы, максимальная высота подъема рабочего органа, время подъема рабочего органа, максимальное давление в гидроприводе, опрокидывающая ФП нагрузка должны закладываться уже на этапе технического задания. Для решения этой проблемы в условиях автоматизированного проектирования были разработаны функциональные математические модели (ФММ) для геометрического, кинематического, силового, динамического анализа, а также параметрического синтеза ПНУ [1,2]. ФММ геометрического, кинематического и силового анализа были представлены алгебраическими зависимостями и системами уравнений, описывающими установившийся режим подъема рабочего органа. В результате геометрического анализа определяются максимальная высота подъема и вылет стрелы, а также угол поворота рабочего органа. По результатам кинематического и силового анализа определяются грузоподъемность ПНУ, реакции в кинематических парах, приведенная к ведущему звену сила трения.

ФММ динамики подъема стрелы и поворота рабочего органа представлены системами нелинейных дифференциальных уравнений, решаемых методом численного интегрирования (Рунге-Кутта 4-го порядка). В результате динамического анализа движения нагруженного поршня определяются законы движения ведущих звеньев механизмов и рациональные параметры гидроприводов, время подъема стрелы и поворота рабочего органа, а также давление настройки предохранительного клапана, помимо этого уточняются результаты силового анализа. ФММ колебаний погрузчика с поднятым рабочим органом, движущимся с постоянной скоростью в продольной плоскости и преодолевающего характерные неровности микрорельефа формируется на основе уравнения Лагранжа 2-го рода и представлена системой нелинейных дифференциальных уравнений. Определяемые в результате решения параметры вибрации позволяют уточнить распределение действующей на несущие элементы конструкции нагрузки. Используя программные комплексы, реализующие метод конечных элементов (ИСПА, ANSYS) на стадии эскизного проектирования выполняется анализ прочности рамы ФП, стрелы, а также других звеньев механизмов ПНУ. Это позволяет откорректировать геометрические модели упомяну-

тых объектов, понизив их металлоемкость и одновременно обеспечив конструкциям обоснованный запас по прочности и жесткости.

ФММ геометрического, кинематического и силового анализа ПНУ, составленная из аналитических выражений для показателей качества целевая функция, управляемые параметры, функциональные и параметрические ограничения, а также метод оптимизации (случайного поиска – метод “Монте-Карло”) формируют задачу нелинейного программирования и составляют основу ФММ оптимизационного параметрического синтеза ПНУ.

Возможность использования полученных ФММ для получения рекомендаций по выполнению соответствующих регулировок при агрегатировании аналогичных импортных ФП с отечественными рабочими машинами и наоборот очевидна. В случае существенного изменения габаритов ФП и грузоподъемности, для идентичных по структуре ПНУ в алгоритмах и программах математического обеспечения проводятся необходимые корректировки.

Литература

1. Попов В. Б. Математическое моделирование функционирования механизмов подъема и поворота траверсы фронтального погрузчика / В.Б. Попов, П.В. Авраменко// Конференция “Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра” НТЦК, 2017, с 104-105.
2. Попов В. Б. Параметрическая оптимизация механизмов подъема и поворота траверсы фронтального погрузчика/ В.Б. Попов, П.В. Авраменко// Конференция “Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра” НТЦК, 2018, с 139-141.