

С. А. Чудук, инженер ЗАО «НПП БелСофт»

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

The article contains information about the principles of the loader workflow adaptive control system. Particular features of the loader workflow, systems goals and tasks, its functional capabilities, structure and composition are considered in the article. There is information about the results of tests too.

Проблема повышения эффективности, эксплуатационных качеств и улучшения управляемости навесным рабочим оборудованием дорожных и строительных машин (СДМ) является важной задачей народного хозяйства Республики Беларусь. Эта задача актуальна как для лесного хозяйства РБ, так и для других отраслей народного хозяйства. Она становится особенно острой в связи с тенденцией повышения энерговооруженности СДМ.

В сложившейся ситуации весьма актуальными являются исследования, направленные на улучшение управляемости рабочими органами машины, повышение эргономических свойств элементов управления, автоматизацию наиболее длительных и трудоемких операций управления в типовых технологических процессах. Наиболее типовой операцией в процессе работы фронтального погрузчика или машины, оснащенной адекватным навесным рабочим оборудованием в составе стрелы и ковша (стрелы и челюстного захвата для лесного хозяйства) является погрузка материала. Наиболее трудоемкая операция управления в цикле погрузки – это манипулирование рабочими органами.

Подобные адаптивные системы автоматического управления для фронтальных погрузчиков в РБ ранее не разрабатывались, в ряде зарубежных патентов упоминаются сходные методы и устройства управления.

В целом изучение нагрузок в трансмиссии, рабочей гидросистеме и рабочих органах фронтальных погрузчиков и автоматизация технологических процессов дорожных и строительных машин является важной и актуальной задачей как в лесном хозяйстве, так и в строительстве, дорожном строительстве, добывающей промышленности или сельском хозяйстве.

Для процесса погрузки материала фронтального погрузчика характерно присутствие большого числа сложных взаимозависимостей параметров машины, причем для различных фаз процесса они имеют неродниковый характер. Этот процесс является сложным, трудоемким и требующим высокой квалификации оператора. Во время работы нужно контролировать и управлять такими технологическими процессами машины, как перемещение рабочих органов, переключение передач, торможение,

поворот колес. Чтобы обеспечить эффективную работу машины, все эти процессы должны выполняться в строго определенной последовательности, начинаться и заканчиваться в нужное время. При погрузке различных материалов (древесных отходов, грунта, бревен) имеет место неоднократное повторение вышеупомянутых технологических процессов в приблизительно одинаковой последовательности и с близкой продолжительностью для каждого вида материалов, и это одна из наиболее характерных особенностей работы машины. Таким образом, в течение рабочей смены оператором машины выполняется большое количество часто повторяющихся рутинных операций.

В этой связи, в контексте автоматизации процесса погрузки, был проведен ряд исследований, целью которых послужила необходимость выяснения характера изменения рабочих параметров машины, в частности перемещения рабочих органов, загрузки двигателя со стороны двигателя и со стороны гидронасоса, для дальнейшей постановки задачи по созданию системы управления процессом погрузки. На базе полученных результатов исследований в НИЛ «Динамики и автоматизации мобильных машин» БГАТУ была разработана и доведена до стадии опытного образца адаптивная система управления набором материала (СУНМ) фронтального погрузчика МоАЗ-4048.

Особенности техпроцесса. На протяжении техпроцесса погрузки сыпучего материала в различные моменты времени при различном положении рабочих органов параметры работы машины изменяются неодинаково. Движение погрузчика происходит в рамках типового «V-образного» рабочего коридора от места набора материала с отъездом к месту выгрузки материала по циклу. Можно выделить несколько типичных временных промежутков цикла, исходя из соображений законченности некоторого характерного набора операций. Таким образом, цикл техпроцесса погрузки материала по времени можно условно подразделить на следующие последовательные фазы:

T_1 – установка рабочих органов в исходное положение, трогание погрузчика с места (начало движения погрузчика) и подъезд к материалу. Эта фаза характеризуется проведением под-

готовительных операций и заканчивается в момент касания ковшем погрузчика штабеля погрузаемого материала. На ее протяжении механизмы машины не испытывают больших нагрузок (рис. 1).

T_2 – врезание. Эта фаза характеризуется высоким уровнем загрузки двигателя со стороны трансмиссии. На ее протяжении ковш погружается в набираемый материал до требуемого уровня. Возможно возникновение буксования колес и вывешивания переднего моста. Фаза заканчивается в момент принятия решения о достаточном наполнении ковша и включении рычага управления ковшем (рис. 2).

T_3 – подработка ковшем и стрелой с последующим подъемом ковша и стрелы в транспортное положение, отъезд. Эта фаза характеризуется высоким уровнем загрузки двигателя со стороны рабочей гидросистемы погрузчика. На ее протяжении рабочие органы из исходного положения выводятся в транспортное с нагруженным ковшем. Фаза заканчивается в момент остановки погрузчика после окончания отъезда (рис. 3).

T_4 – подъезд к месту выгрузки, выгрузка материала из ковша и отъезд в исходное положение. Заключительная фаза, характерная небольшой загрузкой двигателя и со стороны трансмиссии, и со стороны гидросистемы рабочего оборудования, заканчивается в момент остановки погрузчика на исходной позиции (рис. 4).

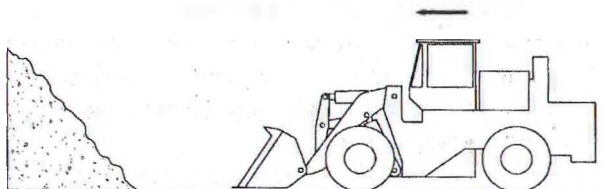


Рис. 1. Фаза T_1 – установка рабочих органов и подъезд

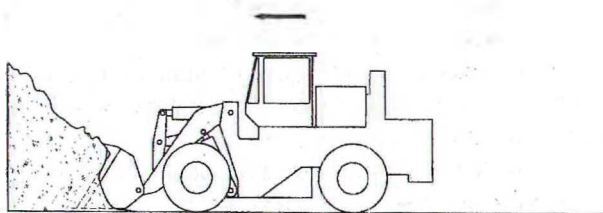


Рис. 2. Фаза T_2 – врезание

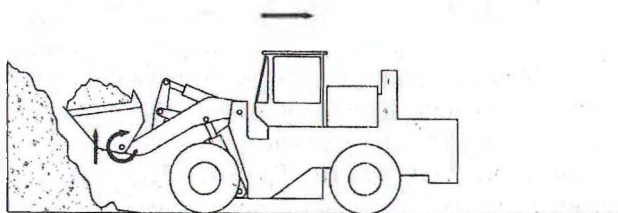


Рис. 3. Фаза T_3 – подработка, подъем рабочих органов и отъезд

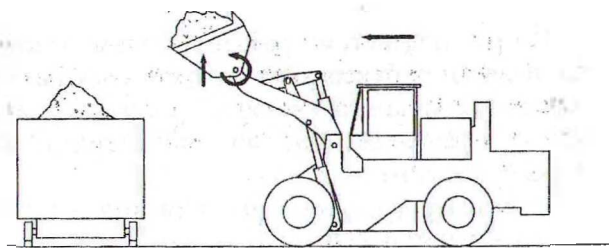


Рис. 4. Фаза T_4 – выгрузка и отъезд в исходное положение

Цели и задачи системы. В результате проведенных исследований техпроцесса погрузки был выяснен пропорциональный характер зависимости изменения давления в рабочей гидросистеме погрузчика и изменения загрузки двигателя со стороны трансмиссии от степени врезания ковша в материал в фазе врезания T_2 . Также был получен ряд статистических данных о последовательности и продолжительности различных операций процесса набора материала, что позволило получить подробную картину техпроцесса.

При анализе полученных экспериментальных данных выделен ряд параметров процесса, с одной стороны, в наибольшей мере влияющих на эффективность, с другой стороны, имеющих нестабильный характер в связи с влиянием человеческого фактора. На основании этого опыта был определен круг задач системы управления:

- контроль и управление положением рабочих органов погрузчика на протяжении техпроцесса;
- контроль степени заполнения ковша и принятие решения о начале подработки;
- контроль процесса буксования в фазе врезания;
- принятие решения об отключении передачи во время буксования.

В описанном круге задач цели, преследуемые создание и применение СУНМ фронтального погрузчика, можно обозначить как:

- повышение эффективности работы фронтального погрузчика;
- улучшение эксплуатационных качеств машины;
- улучшение управляемости навесным рабочим оборудованием;
- улучшение эргономических характеристик органов управления;
- повышение топливной экономичности и долговечности узлов трансмиссии машины.

Функциональность системы. Функциональная система состоит из двух подсистем:

- 1) подсистема управления рабочим оборудованием;
- 2) подсистема управления буксованием.

Задачи, решаемые первой подсистемой, – это контроль и управление положением рабочих органов погрузчика на протяжении техпроцесса, а также контроль степени заполнения ковша и принятие решения о моменте начала подработки.

Вторая подсистема работает только в случае появления буксования на фазе врезания и решает задачи контроля процесса буксования и принятия решения об отключении передачи во время буксования.

Система управления может работать в одном из четырех режимов:

- 1) ручной режим (PP);
- 2) режим тестирования (PT);
- 3) режим обучения (PO);
- 4) автоматический режим (PA).

В ручном режиме проверяется работоспособность агрегатов и систем погрузчика, рычага электроуправления рабочим оборудованием. Этот режим является приоритетным по отношению ко всем остальным, в случае возникновения внештатных ситуаций для переключения на ручное управление оператору достаточно произвести любое управляющее воздействие на рычаг управления рабочим оборудованием. В ручном режиме система осуществляет только электроуправление рабочими органами посредством команд оператора, на этом ее функции исчерпываются, из ручного режима можно перейти в любой из трех остальных режимов.

В режиме тестирования проверяется работоспособность датчиков системы, кроме того, в режиме тестирования есть возможность проконтролировать значения, выставленные на датчиках величин коэффициентов наполнения ковша и буксования.

Автоматический режим будет работать только после проведенного обучения системы. После того, как машина будет приведена на рабочую площадку и подготовлена к рабочему циклу, ковш и стрела опущены в исходное положение, можно включать режим обучения. Включается режим обучения после проведения обучающего рабочего цикла, а именно в тот момент, когда ковш и стрела подняты на уровень, необходимый для выгрузки материала. В моменты включения и выключения режима обучения в запоминающее устройство системы заносятся значения с датчиков положения ковша и стрелы, то есть, фактически, запоминается исходное и конечное положение рабочих органов.

Поэтому обучающий рабочий цикл на практике можно упростить до имитации – установить ковш и стрелы в исходное положение с последующей их установкой в конечное положение (положение выгрузки).

Автоматический режим может включаться сразу же с момента окончания выгрузки материала, во время отъезда. После его включения производится начальная установка ковша и стрелы. Далее система контролирует ряд рабочих параметров машины и на этой основе принимает решения о подъеме ковша и стрелы, отключении передачи и

остановке буксования по значениям коэффициентов, заранее выставленных с пульта управления.

Автоматический режим может функционировать в двух вариантах. Первый, полнофункциональный вариант воспроизводит цикл набора материала с принятием решений об оптимальном наполнении ковша и начале подъема ковша и стрелы, а также управляет отключением передачи при возникновении буксования. Во втором варианте автоматический режим может использоваться только для выставления рабочих органов в исходное положение перед началом следующего рабочего цикла. Для этого достаточно выставить коэффициенты наполнения ковша и буксования в нулевое значение.

При использовании погрузчика с установленной СУНМ в условиях лесного хозяйства, при погрузке древесных отходов или любых других сыпучих материалов рационально настроить систему и применять полнофункциональный вариант автоматического режима, в случае же погрузки бревен с использованием челюстного захвата вместо ковша рационально применять неполнофункциональный вариант.

Отдельно следует отметить, что при работе в автоматическом режиме система соблюдает приоритет ручного режима, то есть при малейшей опасности по любой команде управления, последовавшей от оператора, осуществляется переход в ручной режим управления.

Структура и состав системы. Для эффективного функционирования автоматической системы необходимо обеспечить выполнение трех основных операций, осуществляемых устройством управления:

- измерение выходных переменных, задающих и возмущающих воздействий и формирование информации о состоянии и режиме работы объекта автоматизации;
- анализ этой информации и формирование командных сигналов управления;
- восприятие сигналов управления и осуществление управляющих воздействий на органы управления объектом.

В этой связи технические средства автоматических систем разделены на три группы. В первую группу входят устройства измерения, преобразования и передачи информации: измерительные преобразователи, датчики, задатчики. Ко второй группе относятся технические устройства, предназначенные для формирования сигналов управления: функциональные преобразователи, логические, программные и вычислительные устройства, регуляторы. Третью группу составляют исполнительные устройства – двигатели.

В случае описываемой системы управления набором материала эти три группы заполнены следующими устройствами.

1. В качестве устройств измерения, преобразования и передачи информации использовались датчики давления, углового положения, частоты, а также декадные задатчики значений.

2. В качестве управляющего устройства использовался вычислительный модуль, построенный на базе однокристалльной ЭВМ. Из периферийных элементов устройства управления отдельно стоит отметить жидкокристаллический индикатор, выполняющий задачи отображения информации о текущем состоянии системы управления и ее параметрах, включенных режимах, направлении движения рабочих органов, присутствии эффекта буксования.

3. В качестве исполнительных устройств использовались штатные гидроцилиндры погрузчика с модернизированной системой ручного управления. Модернизация заключалась в замене гидроуправляемых направляющих гидрораспределителей на гидрораспределители с электроуправлением. Также применялся специально разработанный рычаг управления рабочим оборудованием (построенный на принципе бесконтактного регулирования).

Результаты. Испытания опытного образца системы управления набором материала проводились в лабораторных и эксплуатационных условиях.

Лабораторные испытания осуществлялись на базе научно-исследовательской лаборатории

«Динамика и автоматизация мобильных машин» Белорусского государственного аграрного технического университета. Испытания в эксплуатационных условиях проводились на испытательной базе Могилевского автомобильного завода им. Кирова и в песчаном карьере д. Заходы Шкловского района Могилевской области.

Испытания подтвердили работоспособность, функциональность адаптивной системы автоматического управления набором материала фронтального погрузчика и эффективность ее использования при погрузке различных материалов. Экспериментальным путем доказано, что устройство не только повышает эффективность работы фронтального погрузчика, но и значительно, в 9,3 раза, облегчает физическую работу оператора по управлению его агрегатами.

Кроме того, система управления обеспечивает отключение первой рабочей передачи при достижении одним из колес заданной продолжительности буксования, что приводит к снижению нагрузки трансмиссии и уменьшению износа колес.

По результатам разработки получен патент РБ на полезную модель № 357 «Устройство управления набором материала фронтального погрузчика» от 28.02.2001 г.