

МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ УКЛАДКИ И УПЛОТНЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Прокопьев А.П.

Сибирский федеральный университет

Результаты работы современных дорожных катков не гарантируют получение качественных асфальтобетонных покрытий – брак составляет до 65 % [1].

Необходимость выполнения научной работы по совершенствованию систем управления дорожными катками, определяется наличием нерешенных научно-исследовательских задач аналитического описания процесса уплотнения различных сред, а также наличием современных проблем обеспечения качества дорожных покрытий.

Идея работы заключается в комплексной автоматизации и управлении технологическими процессами устройства дорожных покрытий нежесткого типа за счет разработки системы управления машинами базового дорожно-строительного комплекта – «асфальтоукладчик - дорожные катки» и их эффективного взаимодействия, на основе применения современных информационных технологий.

Концепция (теория) научной работы. Разработка методов автоматизированного управления дорожно-строительными машинами «асфальтоукладчик - дорожные катки», обеспечивающими укладку и уплотнение асфальтобетонных смесей, заключающихся в том, что режимные параметры машин подстраиваются (адаптируются) под изменяющиеся условия технологических процессов, с учетом характеристик используемых дорожно-строительных материалов, для обеспечения заданной степени уплотнения асфальтобетонной смеси без непосредственного участия в управлении процессом уплотнения со стороны человека-оператора, с непрерывным взаимодействием со всеми машинами дорожно-строительного комплекта, обеспечивающих повышение эффективности устройства дорожных покрытий нежесткого типа, их высоких эксплуатационных показателей, продление сроков их службы.

Цель работы: развитие методологии комплексной автоматизации и управления основными технологическими процессами устройства дорожных покрытий нежесткого типа на основе современных информационных технологий и программного обеспечения.

Управление процессом уплотнения смеси с применением тензометрических преобразователей

Из анализа рабочего процесса асфальтоукладчика можно выделить основные сигналы системы автоматического регулирования (САР): управляемая величина – частота вращения вала гидродвигателя, которая влияет на изменение коэффициента уплотнения; управляющая величина – поток жидкости, создаваемый гидрораспределителем; возмущение – изменение давление в гидросистеме, изменение скорости движения укладчика.

Построение функциональной схемы САР. Поскольку предлагаемый вариант САР имеет выход системы – текущий коэффициент уплотнения дорожного покрытия, рассматривается замкнутая САР с управлением по отклонению, с учетом относительной простоты измерения управляемой величины – частоты вращения вала гидродвигателя. Функциональная схема САР с управлением по отклонению, представлена на рис. 1. Схема включает два контура обратной связи, внутреннюю, с датчиком частоты вращения эксцентрикового вала, и главную, с тензодатчиком,

установленном на металлоконструкции трамбуемого бруса. С учетом динамики привода уплотняющего рабочего оборудования сформулированы основные требования, предъявляемые к системе: обеспечение заданного коэффициента уплотнения (диапазон); отсутствие перерегулирования системы в процессе работы; простота в настройке режимов.

В состав системы автоматического регулирования коэффициента уплотнения асфальтобетонной смеси входят:

- блок программного управления;
- гидрораспределитель;
- гидродвигатель;
- эксцентриковый преобразователь (вал);
- трамбуемый брус;
- тензорезисторный датчик давления;
- асфальтобетонная смесь.

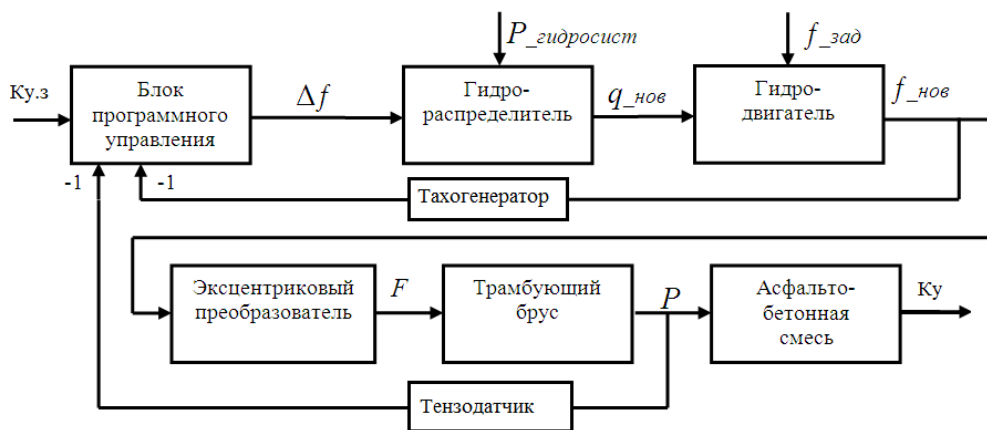


Рис. 1. Функциональная схема САР с управлением по отклонению:

$Ku,з$, Ku – коэффициент уплотнения задания и достигнутый, соответственно;

Δf – сигнал корректировки; $P_{гидросист}$ – давление в гидроприводе;

$q_{нов}$ – расход жидкости; $f_{зад}$ и $f_{нов}$ – частота задания и новая,

соответственно; F – усилие на трамбуемый брус; P – давление на смесь.

Требования, предъявляемые к САР. В процессе уплотнения необходимо обеспечивать управление оборудованием по степени уплотнения асфальтобетонной смеси. Особенностью рабочего процесса асфальтоукладчика является то, что настройка режимов уплотняющего оборудования осуществляется машинистом-оператором, с использованием имеющихся органов управления, на основе информационных данных методических рекомендаций, что является субъективной настройкой параметров, не позволяющей оперативно учитывать текущее состояние напряженно-деформированного состояния уплотняемой среды для обеспечения оптимальной степени уплотнения.

Формирование системы автоматического управления процессом уплотнения дорожно-строительных материалов, должно быть основано на информации о динамике рабочего процесса асфальтоукладчика. А это значит, что САР должна оперативно принимать информацию и при необходимости влиять на параметры для качественного регулирования коэффициента уплотнения асфальтобетонной смеси.

К основным требованиям, предъявляемым к системе относятся:

- обеспечение требуемого коэффициента уплотнения;
- отсутствие перерегулирования системы в процессе работы;
- простота в настройке, при работе с САР.

Универсальность САР:

- система автоматически производит переформирование необходимых параметров в зависимости от величины давления, снимаемого с тензорезистивного датчика давления;
- система позволяет отслеживать ошибки при вводе первоначальных данных о смеси, гидросистеме и начальном давлении;
- интуитивно понятный интерфейс обеспечивает более быстрый ввод необходимых данных, тем самым экономя время работы;
- система диалоговых окон позволяет оператору-машинисту правильно реагировать при изменении внешних параметров, влияющих на работу системы;
- человеку-оператору нет необходимости самому отслеживать и настраивать данные о системе при изменяющемся коэффициенте уплотнения, тем самым исключается фактор ошибки.

Возможности развития САР. Дальнейшее развитие системы автоматического регулирования коэффициента уплотнения асфальтобетонной смеси сводится к улучшению интерфейса пользователя, выявлению и исправлению недочетов программы, модернизации и введению новых зависимостей величин, влияющих на корректную работу системы.

Требования к программному продукту. Программный продукт должен:

- работать на компьютерах с установленной операционной системой Windows и наличии пакета прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB;
- иметь возможность осуществлять ввод информации о состоянии уплотняемой смеси;
- иметь возможность настраивать элементы гидросистемы;
- иметь возможность вводить данные о скорости асфальтоукладчика;
- производить проверку корректности данных при процедуре ввода информации;
- автоматически и безошибочно регулировать необходимую частоту вращения вала гидродвигателя потоком гидропривода, тем самым формируя необходимый коэффициент уплотнения.

Требования к информационной и программной совместимости. Разрабатываемый программный продукт должен поддерживать спецификацию Win32, т.е. нормально функционировать под управлением операционных систем семейства Windows .

Разработка программной реализации

Для реализации описываемой системы выбрана среда разработки MATLAB. Факторами, повлиявшими на такой выбор, стали: в составе пакета MATLAB имеется большое количество функций для построения графиков; возможность работы в режиме интерпретатора; возможность работать на компьютерах с установленной операционной системой Windows без дополнительного программного обеспечения.

Моделирование процесса уплотнения асфальтобетонной смеси трамбующим брусом [2]. Модель системы автоматического регулирования коэффициента уплотнения асфальтобетонной смеси разработана с помощью прикладных программ для решения задач технических вычислений – MATLAB.

Реализация моделирования на языке MATLAB. Система реализована в исполняемом файле, имеющем расширение .m. В файл через графический интерфейс пользователя, заносятся все необходимые для моделирования данные, такие как:

- масса трамбующего бруса;

- радиус эксцентрикового вала;
- частота вращения эксцентрикового вала;
- начальное давление на асфальтобетонную смесь;
- начальная толщина уплотняемой смеси;
- величина уплотнения смеси за первый удар;
- скорость движения асфальтоукладчика;

Необходимые для моделирования процесса данные:

- давление больше начального;
- давление меньше начального.

Графический интерфейс пользователя. Графический интерфейс пользователя, графический пользовательский интерфейс (англ. Graphical user interface, GUI) – разновидность пользовательского интерфейса, в котором элементы интерфейса (меню, кнопки, значки, списки и т. п.), представленные пользователю на дисплее, исполнены в виде графических изображений.

Моделирование динамического процесса уплотнения при увеличении
контактного давления на асфальтобетонную смесь

Степень уплотнения асфальтобетонных покрытий оценивается по данным лабораторных испытаний образцов взятых из покрытий. Она определяется как отношение средней плотности образца, взятого из покрытия (вырубки, керна) к средней плотности переформированного образца, уплотненного стандартизованной нагрузкой.

При увеличении контактного давления, снимаемого с тензодатчика давления, система автоматически вычисляет новое значение потока жидкости от гидрораспределителя к гидродвигателю. Уменьшая поток до необходимого значения, которое обеспечивает заданный коэффициент уплотнения, снижается частота вращения вала гидродвигателя, тем самым за меньшее количество ударов при возросшем давлении достигается необходимый коэффициент уплотнения. При увеличении давления с 1,3 МПа до 1,5 МПа, частота вращения вала гидродвигателя сократилась с 22 Гц до 16 Гц. При этом время перерегулирования составило примерно 2 с, а коэффициент уплотнения смеси, достигаемый за 8 ударов трамбуемого бруса, при скорости движения асфальтоукладчика 0,03 м/с, равен 0,91.

Заключение

Сложность и большая стоимость технологических процессов дорожного строительства с применением горячих смесей, научные задачи автоматизированного управления дорожно-строительными машинами, создает предпосылки создания имитационных моделей процессов с применением современных программных продуктов.

Рассмотренный в статье метод исследования и построения систем управления нелинейными динамическими объектами, на примере подсистемы уплотнения, с учетом динамики процессов в гидроприводе, позволяет построить качественные системы автоматического управления.

Список литературы

1. Кустарев Г.В. «Мозги» для катков – панацея или помощник? // Автомобильные дороги. № 9 (934). 2009. С. 118-121.

2. Система автоматического регулирования коэффициента уплотнения асфальтобетонной смеси / А.С. Колпаков, В.И. Иванчура, А.П. Прокопьев // Молодежь и наука: Сборник материалов VI-й Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых [Электронный ресурс] /отв. ред. О.А. Краев. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011.