

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ ВИБРАЦИОННОГО КАТКА

Грачев Г. А.,

научный руководитель д-р. техн. наук Иванчура В. И.,

научный консультант канд. техн. наук Прокопьев А. П.

Сибирский федеральный университет

Разработка регулятора для управления режимами дорожного катка связана с особенностями уплотняемой среды. Асфальтобетонная смесь является упруговязко-пластической средой, с изменяющимися параметрами во времени при уплотняющем воздействии на нее, т.е. характеризуется как стохастическая динамическая система. Точное математическое описание уплотняемой среды представляет задачу повышенной сложности. При разработке регулятора учитываются следующие параметры: температура смеси, плотность смеси, скорость движения катка, статическая нагрузка на валец, частота и амплитуда вибраций вальца, масса вальца и катка в целом.

При движении катка возможны разные частотные диапазоны работы, при которых достигается оптимум по уплотнению. Оператор катка не всегда может выбрать оптимальное решение, не исключены и ошибки, поэтому предлагаемая структура управления предназначена повысить качество управления, предупредив неправильные команды оператора и согласуясь с заложенной целевой функцией управления и правилами.

Для построения модели системы управления режимами асфальтового вибрационного катка требуется разработка математических моделей элементов системы. В настоящей работе рассматривается математическая модель в пространстве состояний процесса управления скоростью движения асфальтового вибрационного катка.

Каток представляет собой самоходную машину, в состав которой входят: силовая установка, передняя и задняя рамы, кабина, механизм обработки кромки асфальтобетона. Рабочим органом катка (в зависимости от модели катка) являются гладкий металлический валец со встроенным вибровозбудителем и пневмоколесный валец.

Гидроконтур привода хода. Гидроконтур привода хода вибрационного двухвальцового катка включает в себя регулируемый насос привода хода и два гидромотора.

Гидропривод вальцов катка, как управляемую систему, можно представить в виде двух подсистем: гидравлической; гидромеханической. Переменной состояния, характеризующей гидравлическую подсистему, является величина гидравлического давления $P(t)$ гидравлического давления потока жидкости, создаваемая насосом относительно давления в сливном баке.

Переменной состояния, характеризующей гидромеханическую подсистему, является величина $\omega_{ГМ}(t)$ скорости вращения вала гидромотора, под воздействием давления потока жидкости. Уравнение состояния гидравлической подсистемы без учета ограничения на управляющее воздействие $u(t)$, изменяющего величину гидравлического давления $P(t)$:

$$\frac{dP(t)}{dt} = -\frac{K_p}{K_{упр}} P(t) - \frac{q_{ГМ}}{K_{упр}} \omega_{ГМ}(t) + \frac{q_H}{K_{упр}} \omega_{ДВ}(t) u(t),$$

где K_p – коэффициент, учитывающий потери давления в гидравлической линии при передаче, $\text{с} \cdot \text{м}^4 \cdot \text{кг}^{-1}$; $K_{упр}$ – коэффициент упругости трубопровода с жидкостью передающей гидравлической линии, $\text{м}^5/\text{Н}$; $P(t)$ – гидравлическое давление потока жидкости, Па; $q_{ГМ}$ – максимальный рабочий объем гидравлического двигателя вальца, м^3 ; q_H – максимальный рабочий объем насоса, м^3 ; $\omega_{ГМ}(t)$ – частота вращения вала гидромотора, рад/с; $\omega_{ДВ}(t)$ – частота вращения вала двигателя, рад/с; $u(t)$ – управляющее воздействие.

Переменной состояния, характеризующей гидромеханическую подсистему, является величина скорости вращения $\omega_{ГМ}(t)$ вала гидромотора, изменяющейся под воздействием давления на входе, создаваемого относительно давления в сливной магистрали. Уравнение состояния записывается для одного гидромотора, эквивалентного двум параллельно работающим. Эквивалентность обеспечивается равенством мгновенных значений угловых скоростей валцов при допущении об абсолютной жесткости рамы катка и достигается соответствующим изменением параметров гидромотора и его нагрузки:

$$\frac{d\omega_{ГМ}(t)}{dt} = \frac{q_{ГМ} - b_P}{J_b} P(t) - \frac{b_\omega}{J_b} \omega_{ГМ}(t) - \frac{1}{J_b} M_H(t).$$

Здесь J_b – приведенный к валу двигателя момент инерции, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; b_ω – коэффициент гидромеханических потерь, зависящих от угловой скорости, $\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$; b_P – коэффициент гидромеханических потерь, зависящих от давления на входе гидромотора, м^3 .

Возмущающее воздействие – момент нагрузки $M_H(t)$, определяется влиянием указанного момента на угловое ускорение валцов уплотняемой асфальтобетонной смеси при движении асфальтового вибрационного катка и зависит от режима его работы.

Данные уравнения также описывают в динамике поведение системы регулирования скорости движения дорожного катка по каналу управляющего воздействия, с учетом его ограничений и влияния среды, в пространстве переменных состояния.

Получены передаточные матрицы, связывающие давление в гидравлической подсистеме и угловую скорость вращения валцов с вектором входных воздействий.

Разработаны передаточные функции, определяющие в динамике изменение давления в гидравлической подсистеме и изменение скорости вращения вала гидромотора в гидромеханической подсистеме.

Получена имитационная модель системы управления скоростью движения дорожного катка при уплотнении асфальтобетонной смеси с учетом динамики гидрообъемной трансмиссии и учета сопротивлений движению. Модель необходима для синтеза системы автоматического управления рабочими режимами катка.

Выполнено имитационное моделирование на примере вибрационного катка ДУ-96 (ОАО Раскат).