

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ОТВАЛОМ АВТОГРЕЙДЕРА
ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГРУНТА****Ю. Ф. Устинов, А. Д. Кононов, А. А. Кононов***Воронежский государственный архитектурно-строительный университет*

Рассмотрен вариант имитационного моделирования работы автогрейдера в тяговом режиме при проведении основной технологической операции — планировании грунта. Дано краткое описание алгоритма управления по параметру мгновенной производительности. Приведена структурная схема моделирования рабочего процесса на ЭВМ. Подтверждена правильность выбранного подхода к решению задачи повышения эффективности работы автогрейдера при планировании грунта.

ВВЕДЕНИЕ

Весьма актуальной проблемой является автоматизация управления землеройно-транспортными машинами, так как позволяет значительно повысить эффективность их использования при одновременном улучшении условий труда оператора [1]. В работе [2] рассматривалась система автоматического управления рабочим органом автогрейдера в процессе копания грунта, использующая, для достижения максимума текущей производительности, в качестве основных информационных параметров объем грунта перед отвалом и действительную скорость движения машины, а также содержащая датчик физико-механических свойств разрабатываемого грунта, основанный на применении поляризационного метода определения электрических параметров земных сред [3], информационный сигнал которого позволяет вносить оперативную корректировку для уточнения уровня опорных сигналов при достаточно широком диапазоне изменения грунтовых условий. Так при значительном повышении влажности грунта специфика функционирования радиоволнового датчика объема может привести к излишнему раннему превышению измеренного информационного параметра над опорным сигналом, следовательно, в этом случае уровень опорного сигнала объема грунта должен быть скорректирован в сторону увеличения.

Не менее актуальным является создание современной системы автоматического управле-

ния рабочим органом автогрейдера для процесса планирования грунта, так как известные в данной области системы автоматизации являются, как правило, стабилизирующими высотное положение отвала устройствами, не позволяющими значительно повысить эффективность работы землеройно-транспортных машин. Применительно к процессу планирования целью автоматического управления должно быть достижение максимально возможной производительности машины при заданном качестве обрабатываемой поверхности. В этом случае оптимальным будет алгоритм работы, при котором управляющее воздействие приводит к изменению не толщины срезаемой стружки грунта, а угла захвата отвала. Таким образом, в известном алгоритме [4] сигналы, связанные с перемещением рабочего органа вверх или вниз, необходимо заменить на управляющие воздействия для исполнительных механизмов, приводящие к уменьшению или увеличению угла захвата (рис. 1).

При построении алгоритма приняты следующие обозначения: v_d — действительная скорость движения автогрейдера, м/с; V — объем грунта перед отвалом, м³; B — ширина отвала, м; v_{d0} — опорный сигнал по действительной скорости движения автогрейдера, м/с; V_0 — опорный сигнал по объему грунта перед отвалом, м³; Π и Π_0 — текущее и предыдущее значения мгновенной производительности, м³/с.

В процессе выполнения земляных работ автогрейдеры совершают круговые или челночные движения в зависимости от длины и ширины разрабатываемых участков. В связи с этим важным становится оценка траектории (границы

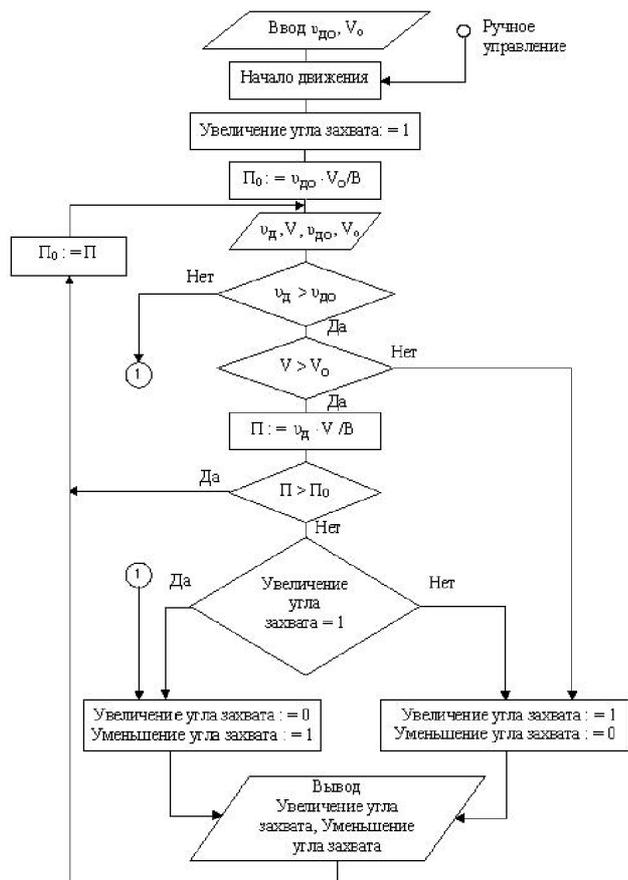


Рис. 1. Блок-схема алгоритма управления рабочим органом автогрейдера

спланированной поверхности) разрабатываемого участка после первого прохода автогрейдера, создаваемая сбрасывающим концом отвала, так как в случае значительного разброса значений угла захвата рабочего органа, при втором и каждом последующем проходе будет вынуждено уменьшаться ширина очередной полосы разработки грунта, что снизит общую техническую производительность работ, и поставит под вопрос целесообразность применения предлагаемой системы автоматического управления.

С целью проверки эффективности предлагаемого варианта решения задачи автоматизации процесса планирования грунта автогрейдером необходимо теоретически оценить изменение ширины полосы разработки грунта во времени.

МЕТОДИКА

Имитационное моделирование процесса планирования осуществлялось в пакете SIMULINK программного комплекса MATLAB 6.0. Структурная схема модели, состоящая из четырех модулей, представлена на рис. 2.

Модули имеют следующее назначение: 1 — формирование входного сигнала, соответствующего равнодействующей сил сопротивления, действующих на отвал со стороны разрабатываемого грунта на основе анализа кинематической модели автогрейдера [4]; 2 — обеспечение временных задержек и повторений входного сигнала на заданное время моделирования; 3 — моделирование изменения угла захвата отвала в процессе работы; 4 — представление результатов в виде, отражающем физический смысл.

Для предварительных исследований задавался относительно небольшой интервал моделирования в 250 секунд. С точки зрения физической сущности реального процесса считаем, что отсчет временного интервала моделирования начинается только с момента преобладания текущих информационных параметров над заданными опорными значениями [5], то есть когда система автоматического управления «вышла на нормальный режим» непрерывного поиска экстремума производительности.

Следует отметить, что при моделировании работы автогрейдера с системой автоматического управления основным отвалом в процессе планирования множественные воздействия, действующие на рабочий орган со стороны грунта в соответствии с центральной предельной теоремой, принимались нормально распределенными [6] по обрабатываемой поверхности.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Входной сигнал для моделирования генерируется в модуле 1. Блок Clock 1 задает непрерывно изменяющееся время, которое является переменной $U(1)$ для функции $F_{cn} 1$. Дисперсия определяется блоком Constant 1 и служит для функции $F_{cn} 1$ переменной $U(2)$. Задаваемое блоком Constant 2 математическое ожидание соответственно используется в функции $F_{cn} 1$ в качестве переменной $U(3)$. Значения $U(1)$, $U(2)$, $U(3)$ подаются на входы Mux 1, выходной сигнал которого поступает на блок $F_{cn} 1$. Блок функции вычисляет по входным значениям величину, соответствующую нормальному распределению, и передает ее в модуль 2.

Модуль 2 предназначен для обеспечения повторения закона нормального распределения блоками временной задержки Transport Delay 1 — Transport Delay 4 на все время моделирования. Сумматор 1 осуществляет сложение от-

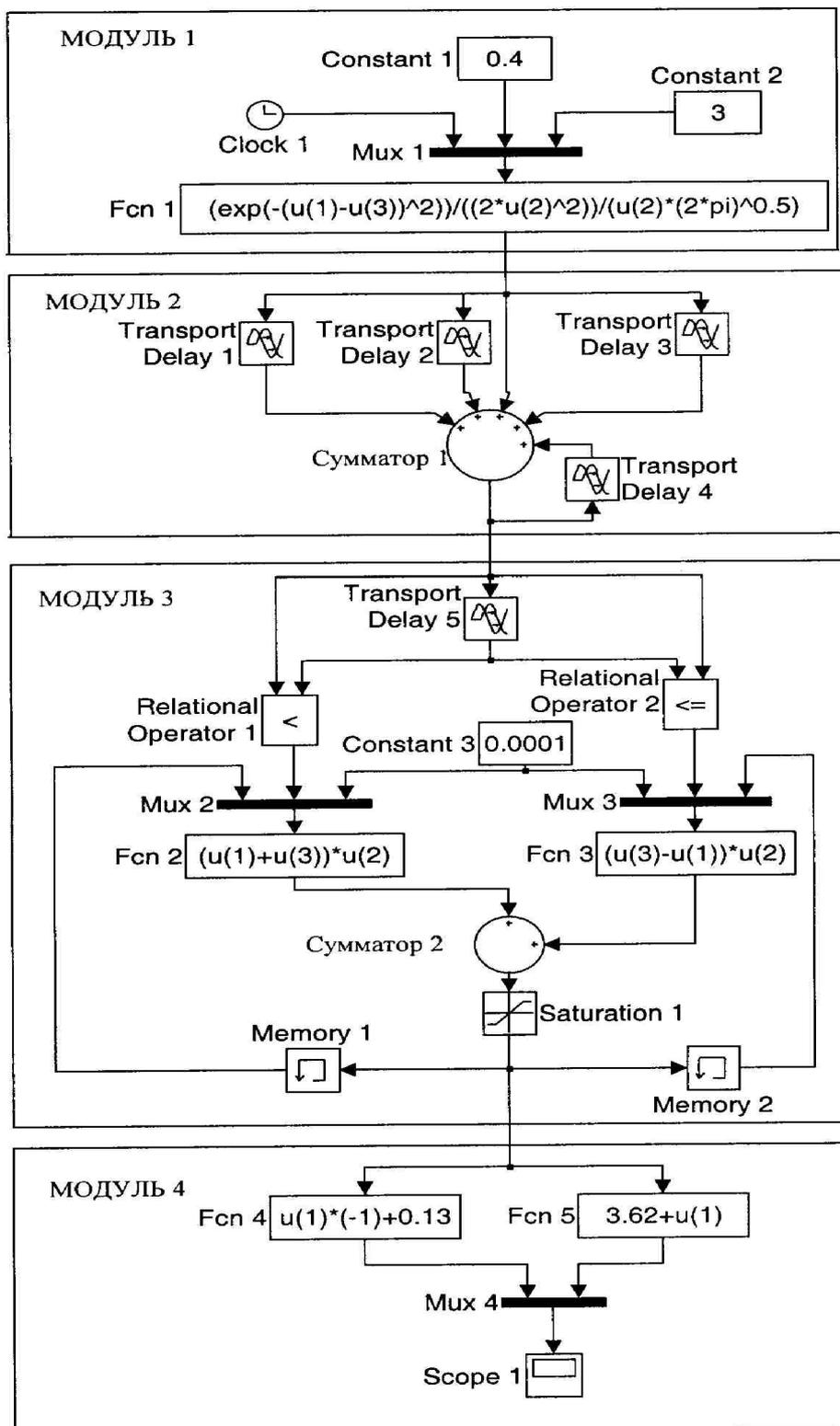


Рис. 2. Структурная схема модели рабочего процесса автогрейдера

дельных составляющих входного сигнала, соответствующего равнодействующей сил сопротивления, действующих на отвал со стороны разрабатываемого грунта.

Для моделирования работы автогрейdera с изменением угла захвата α_{xz} отвала используется модуль 3. Сначала осуществляется сравнение полученных значений в текущий момент времени и в предыдущий момент времени (запаздывание обеспечивается блоком Transport Delay 5) блоками сравнения Relational Operator 1 и Relational Operator 2. Результат сравнения ("0" или "1") подается на Mux 2 и Mux 3. Выходные сигналы с мультиплексоров Mux 2 и Mux 3 подаются на входы Fcn 2 и Fcn 3 как переменная U(2). Блоки функций Fcn 2 и Fcn 3 перемножают сумму (или разность) текущего значения положения отвала с величиной $\Delta\alpha_{xz}$ (задающейся блоком Constant 3 и поступающей на Fcn 2 и Fcn 3 через мультиплексоры Mux 2 и Mux 3 как переменные U(3) и U(1) соответственно), на выходную величину соответствующего блока сравнения. Сигнал обратной связи о текущем положении отвала берется с выхода Saturation 1 и проходит через блоки памяти Memory 1 и Memory 2. Далее эта информация, пройдя через Mux 2 и Mux 3, подается на блоки Fcn 2 и Fcn 3 как переменные U(1) и U(3) соответственно. На выходе одного из блоков функций (Fcn 2 и Fcn 3) формируется сигнал, увеличивающий (Fcn 2) или уменьшающий (Fcn 3) угол захвата отвала на величину $\Delta\alpha_{xz}$. Выходным является сигнал суммы Fcn 2 и Fcn 3, получаемый с по-

мощью сумматора 2. Следует отметить, что блок Saturation 1 осуществляет также ограничение (демпфирование) выходного сигнала. Полученный сигнал является траекторией (границей спланированной поверхности) разрабатываемого участка по одному из бортов автогрейdera после первого прохода.

Модуль 4 предназначен для удобства представления результатов в виде визуально наблюдаемой ширины полосы разработки грунта. Посредством Scope 1 на осциллограмме (рис. 3) отображается расстояние, которое характеризует готовую поверхность дорожного полотна, не требующую дополнительной обработки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из полученного при моделировании профиля разрабатываемого участка после первого прохода автогрейdera разброс значений ширины полосы разработки грунта по одному борту не превышает 0,18 м, что составляет менее 5 % от общей ширины отвала распространенных автогрейдеров класса 180. На практике эти значения вполне сопоставимы с разбросом ширины валика грунта, остающегося после основного (косопоставленного) отвала, и следовательно, не вызовут дополнительного снижения производительности за счет уменьшения ширины полосы разработки на каждом очередном проходе.

Анализ полученных результатов подтвердил целесообразность принятого подхода к решению задачи повышения эффективности работы автогрейdera в процессе планирования грунта за счет применения системы автоматического управления рабочим органом, использующей в качестве управляющего воздействия изменение угла захвата отвала.

Проведенные исследования имеют практическое значение и могут быть полезны специалистам, работающим в области проектирования, совершенствования и эксплуатации автогрейдеров с применением информационных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устинов Ю.Ф., Тепляков И.М., Авдеев Ю.В., Кононов А.А. Основные концептуальные принципы автоматизации и дистанционного управления землеройно-транспортными машинами // Изв. вузов. Строительство, 2005. — № 6. — С. 65—67.
2. Устинов Ю.Ф., Кононов А.А. Новые информационные технологии автоматизации управления рабочим органом землеройно-транспортной машины

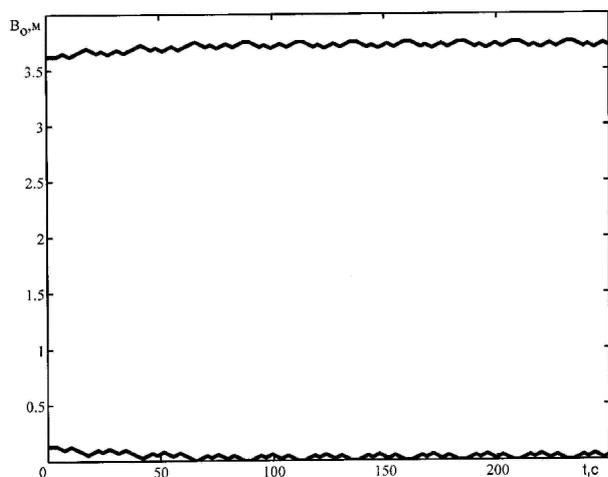


Рис. 3. Осциллограмма изменения ширины полосы разработки грунта после одного прохода

в процессе копания грунта // Материалы XI международной научно-технической конференции «Информационная среда вуза». — Иваново, 2004. — С. 111—114.

3. *Аникеенко Г.Н., Кононов А.А.* Радиолокационный поляризационный метод определения электрических параметров земных сред // Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции «Радио и волоконно-оптическая связь, локация и навигация». — Воронеж, 1997. — Т. 3, С. 1419—1427.

4. *Кононов А.А.* Разработка системы автоматического управления рабочим органом землеройно-транспортной машины / Автореф. дис.... канд. техн. наук. — Воронеж, 1998. — 20 с.

5. *Кононов А.А.* Экспериментальное определение уровня опорных сигналов для системы автоматического управления рабочим органом автогрейдера // Изв. вузов. Строительство, 2000. — № 7—8. — С. 99—101.

6. *Гурман В.Е.* Теория вероятности и математическая статистика: учебное пособие для вузов. — М.: Высшая школа, 1999. — 497 с.