

## ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

УДК 630\*37

### РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ САМОХОДНЫХ ЛЕСНЫХ МАШИН

*Е. М. Царев, Е. М. Онучин, А. В. Кренев*

Поволжский государственный технологический университет,  
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3  
E-mail: 651020@mail.ru

*Проведено моделирование процессов функционирования системы автоматизированного управления манипулятором самоходной лесной машины. Выделено несколько этапов, составляющих хронологическую последовательность событий, характеризующих функционирование автоматизированной системы: сканирование площадки для размещения сортирента, нахождение графа перехода текущей конфигурации манипулятора в состояние, обеспечивающее захват сортирента, изменение конфигурации манипулятора путём подачи управляющих импульсов на гидроприводы. Приведены результаты моделирования вышеприведённых событий с найденными оптимальными параметрами.*

**Ключевые слова:** моделирование; планирование; конфигурация сканирования площадки; распознавание объекта; алгоритм решения.

**Введение.** Механизация и автоматизация технологических и производственных процессов в различных отраслях промышленности предполагает широкое использование манипуляторов, выполняющих функции по доставке предмета труда или рабочих органов к месту выполнения технологических операций. При этом в ряде отраслей промышленности, таких как технический сервис транспортных и технологических машин, лесозаготовительная промышленность, сельское и лесное хозяйство, большого развития не произошло. Большой вклад в научное обоснование, теоретическую разработку, практическое применение систем автоматики и телемеханики внесли как зарубежные М. Ruscha [1], А. Shiriaev [2], S. Wester-

berg [2], так и отечественные учёные, такие как С.Е. Анисимов [3], И.Н. Багаутдинов [4], В.А. Грязин [5], П.М. Мазуркин [6], А.И. Павлов [7], Я.И. Шестаков [8]. Необходимо отметить, что к настоящему времени накоплен большой опыт в данном направлении и это позволяет использовать полученные знания при проектировании технологического оборудования, учитывающие особенности условий труда. В то же время недостаточно исследована проблема создания манипуляторов с применением систем автоматизации и автоматики управления технологическим оборудованием.

Актуальность исследования определяется неудовлетворительным уровнем механизации и автоматизации ряда работ

в лесной промышленности и лесном хозяйстве, а также в области технического обслуживания и несложного текущего ремонта машин и оборудования лесного комплекса.

**Цель** работы – повышение эффективности и расширение функциональных возможностей автоматизированных манипуляторов для самоходных лесных машин.

Для достижения поставленной цели решаются **задачи**, связанные с:

- описанием движений автоматизированного манипулятора лесной машины,
- нахождением уравнений динамики движения автоматизированного манипулятора лесной машины.

В настоящее время идёт исследование в области автоматизации гидравлических приводов, где выделены основные задачи:

- создать автоматический гидравлический привод для работы на самоходных машинах;
- сделать управление позиционным или контурным;
- создать автоматический привод, который мог бы доставлять предметы из начальной точки в конечную, обходя препятствия;
- создать манипулятор, который мог бы проложить сам себе путь к объекту.

Одним из этапов исследования самоходных машин (СМ) является проведение статических и динамических расчётов механизмов манипулятора и проведение динамических расчётов гидроприводов, позволяющих исследовать рабочие процессы с учётом влияния конструктивных и эксплуатационных факторов. Такие исследования на начальных этапах проектирования манипулятора с применением систем автоматизированного проектирования (САПР) позволяют сократить затраты на экспериментально-доводочные работы по выявлению дефектов и совершенствованию конструкций [9–10].

Важнейшей составной частью САПР являются системы автоматизации моделирования (САМ). Моделирование в таких

системах осуществляется под непосредственным контролем пользователя в форме человеко-машинного диалога. САМ позволяют оперативно оценивать функционирование систем СМ, составляющих его подсистем и устройств. Моделирование – это основной метод исследования во всех областях знаний [11]. Методы моделирования находят применение при исследовании, проектировании, внедрении вычислительных систем и автоматизированных систем управления.

Планирование движений манипулятора с использованием САМ позволяет добиться уменьшения погрешностей механизмов манипулятора, высокой точности позиционирования, плавности движений, быстродействия, отсутствия колебаний и перерегулирования при остановках.

Для достаточно высокой точности, описывающей реальную систему, мы применили имитационное моделирование, которое позволит описать поведение системы во времени, а также учесть причинные связи, нелинейности, характерные для процессов функционирования систем автоматизированного управления. При этом взаимосвязь между отдельными элементами системы, описанными в модели, а также некоторыми параметрами, может быть представлена в виде аналитических зависимостей (например, при моделировании процесса приведения текущей конфигурации манипулятора к требуемому состоянию отработка алгоритма может быть описана на уровне логики, а возникающие процессы в гидроприводах рассчитываются аналитически). Кроме того, применение имитационного моделирования целесообразно по следующим причинам:

1) характер процессов, протекающих в системе автоматизированного управления манипулятором самоходной машины, не позволяет описать эти процессы в аналитической форме;

2) необходимо наблюдать за поведением системы в течение определённого

периода, в том числе с изменением скорости протекания процессов;

3) исследуемая система управления является элементом более сложной системы.

Наиболее перспективным подходом к моделированию, в контексте исследования процессов функционирования системы автоматизированного управления манипулятором самоходной лесной машины, является дискретно-событийное моделирование. Данный вид имитационного моделирования позволяет представить функционирование системы как хронологическую последовательность событий, что даёт возможность разбить процесс функционирования на отдельные этапы и рассмотреть их по отдельности [11–12].

Дискретно-событийное моделирование как подход к моделированию систем автоматизированного управления подразумевает представление функционирования системы как хронологическую последовательность событий. При этом событие происходит в определённый момент времени и знаменует собой изменение состояния системы. В процессе функционирования системы автоматизированного управления манипулятором самоходной лесной машины можно выделить следующие события:

1) сканирование площадки, по которой случайным образом разбросан сортимент (в данном процессе можно выделить принцип координации, заключающийся в согласовании движений всех элементов системы во времени и по форме; реализация данного принципа обеспечивает максимальные темпы сканирования площадки при минимальной вероятности ошибочного определения точек захвата сортимента);

2) нахождение конечного автомата в виде таблицы переходов и выходов, либо графа для приведения текущей конфигурации манипулятора к требуемому состоянию (при моделировании данного события особое значение приобретает принцип оптимальности, который состоит в таком согласовании функций переходов системы

по конечному числу промежуточных состояний, при котором обеспечивается максимальная эффективность системы управления);

3) приведение в действие гидроприводов для осуществления перехода к нужной конфигурации (при этом используется принцип обратной связи, заключающийся в такой организации взаимодействия элементов в системе, при котором принятие решения осуществляется не только по информации о целях системы, но и по информации о фактическом (текущем) состоянии системы).

Данный подход позволяет представить динамику системы как последовательность операций. Следует заметить, что система автоматизированного управления манипулятором самоходной лесной машины является однопоточной, поскольку имеет только одно текущее событие. Данное обстоятельство позволяет значительно упростить систему управления, поскольку позволяет избежать трудностей с синхронизацией между несколькими текущими событиями [12].

Целью моделирования вышеприведённых событий является нахождение оптимальных параметров, являющихся ключевыми в рамках соответствующих процессов:

1) шаг сканирующей системы. Нахождение оптимального шага осуществляется путём построения графических диаграмм причинных связей и глобальных влияний одних параметров на другие во времени, что позволит обеспечить максимальный темп сканирования при приемлемой вероятности определения точки захвата сортимента;

2) время определения графа для приведения текущей конфигурации манипулятора к требуемому состоянию;

3) частотные характеристики, характеризующие эффективность функционирования гидроприводов манипулятора самоходной лесной машины.

Сканирование площадки, по которой случайным образом разбросан сортимент,

является первой операцией в составе хронологической последовательности событий, описывающей процесс функционирования системы автоматизированного управления манипулятором самоходной лесной машины. Условием завершения данного события является определение конфигурации размещения сортимента в пределах площадки. Основными данными, которые собираются в рамках моделирования системы сканирования, являются массивы точек, характеризующих размещение сортимента. Результатом обработки этих данных являются координаты точек захвата сортимента, являющиеся входными параметрами системы, осуществляющей приведение текущей конфигурации манипулятора к требуемому состоянию.

**Этапы моделирования** системы сканирования площадки для размещения сортимента:

1) формирование площадки для размещения сортимента с произвольной конфигурацией неровностей;

2) распределение сортимента в пределах площадки;

3) имитация сканирования площадки с заданными шагами  $\Delta x$  и  $\Delta y$  (по соответствующим координатным осям), результатами которой являются массивы точек, характеризующих размещение сортимента;

4) выделение трендов, по которым определяются оптимальные точки захвата сортимента. Графически данную операцию можно представить в виде, показанном на рис. 1.

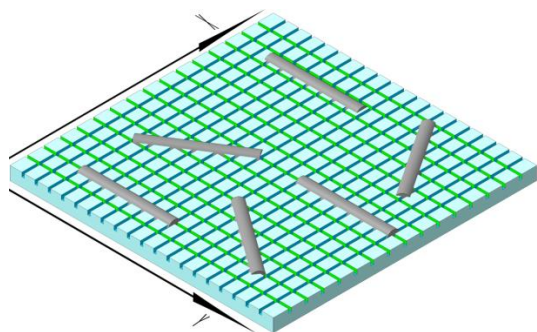


Рис. 1. Определение конфигурации размещения сортимента

Для реализации вышеприведённых этапов перспективно использовать пакет программ SolidWorks. Данный программный комплекс позволяет решить задачи, возникающие как в процессе построения произвольных поверхностей, так и в процессе определения линий трендов, путём поддержки разработанной программы для расчёта размещения сортимента. Вышеназванная программа выполнена в среде разработки приложений Netbeans на языке C++ [13].

Допущения, принятые при моделировании:

1) площадка для размещения сортимента имеет конечные размеры, которые являются неизменными в процессе моделирования;

2) размеры сортимента по длине и толщине являются постоянными величинами, которые задаются в начале моделирования;

3) размещение сортимента по площадке имеет конфигурацию, исключаящую пересечения;

4) расстояние между отдельными сортиментами превышает значение  $\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$ .

Приведение текущей конфигурации манипулятора к состоянию, обеспечивающему захват сортимента, является второй операцией в цепи событий, описывающих процесс функционирования системы автоматизированного управления манипулятором самоходной лесной машины. Условием завершения данного события является получение конечного автомата в виде таблицы переходов и выходов, либо графа для приведения текущей конфигурации манипулятора к требуемому состоянию. Основными данными, которые собираются в рамках моделирования системы, являются множества промежуточных состояний, обеспечивающих максимально высокий темп приведения манипулятора к заданной конфигурации. Следует заметить, что конечная конфигурация в значительной степени определяется выходными

данными предыдущей операции сканирования площадки для размещения сортирента. Критерием эффективности функционирования системы является минимальное время выполнения операции.

При моделировании системы контроля конфигурацией манипулятора можно выделить следующие этапы:

1) задаётся конечная конфигурация манипулятора, обеспечивающая захват сортирента;

2) определяется массив промежуточных состояний манипулятора путём элементарного приращения аргументов переходных функций в рамках дискретного автоматного времени, моментами которого являются такты;

3) из полученного массива выделяется состояние, обеспечивающее оптимальную промежуточную конфигурацию для перемещения манипулятора в направлении точки захвата сортирента;

4) этапы 2 и 3 повторяются до момента приведения конфигурации в требуемое состояние.

Графически данный алгоритм можно представить в виде, показанном на рис. 2.



Рис. 2. Алгоритм работы системы контроля конфигурацией манипулятора

Для реализации алгоритма функционирования системы для контроля конфигурации манипулятора использовался пакет программ MATLAB. Для визуального программирования алгоритма, а также оценки скорости вычисления конечного

графа использовалась программа Simulink, являющаяся элементом вышеназванного программного комплекса.

Допущения, принятые при моделировании:

1) переход между промежуточными состояниями выполняется за один такт;

2) не учитывалось время выбора оптимального промежуточного состояния.

Контроль работы гидроприводов является третьей операцией в составе хронологической последовательности событий, описывающей процесс функционирования системы автоматизированного управления манипулятором самоходной лесной машины. Условием завершения данного события является приведение текущей конфигурации манипулятора к состоянию, обеспечивающему захват сортирента. Основными данными, которые собираются в рамках моделирования системы контроля гидроприводами, являются частотные характеристики объекта управления, необходимые для оценки эффективности работы системы управления.

Этапы моделирования системы контроля гидроприводами:

1) разработка структурной схемы системы контроля гидроприводами;

2) имитация работы системы контроля гидроприводами на основе входных данных, полученных в результате выполнения предыдущей операции нахождения графа для приведения конфигурации манипулятора к требуемому состоянию;

3) анализ частотных характеристик объекта управления.

Поскольку построение и анализ частотных характеристик являются трудоёмкой задачей, для выполнения моделирования использовались инструменты программного пакета MATLAB. Моделирование работы системы управления гидроприводами осуществлялось с помощью программы Simulink.

Структурные схемы, которые использовались при моделировании системы контроля гидроприводами, представлены на рис. 3 и 4 [13].

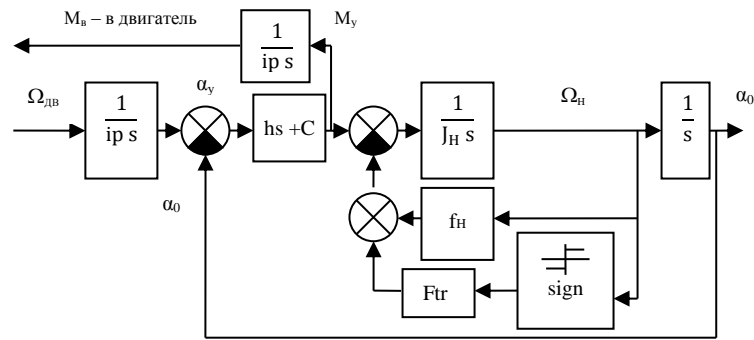


Рис. 3. Структурная схема объекта управления:  $s$  – оператор Лапласа;  $ip$  – передаточное число редуктора;  $h$  – коэффициент диссипативных сил передающего вала;  $C$  – коэффициент упругости передающего вала;  $J_H$  – момент инерции объекта управления;  $f_H$  – коэффициент вязкого трения объекта управления;  $F_{тр}$  – коэффициент сухого трения объекта управления;  $\Omega_{дв}$  – угловая скорость двигателя;  $\Omega_H$  – угловая скорость объекта управления;  $M_B$  – момент упругих сил, действующих на двигатель

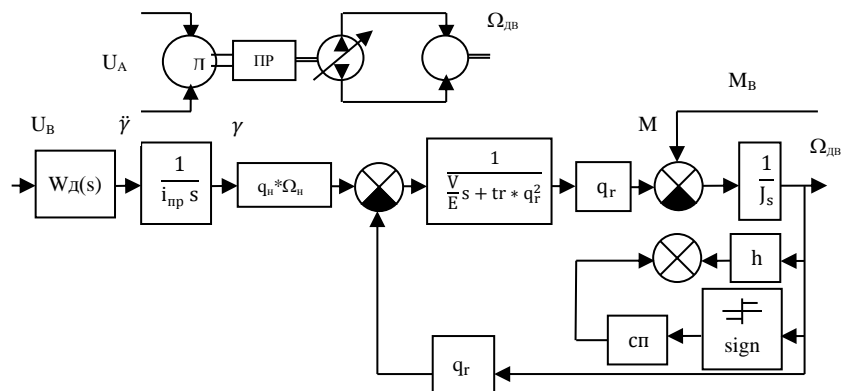


Рис. 4. Структурная схема гидропривода объёмного регулирования:  $W_d(S)$  – передаточная функция управляющего двигателя;  $i_{пр}$  – передаточное число редуктора;  $q_H$  – удельный объём гидронасоса;  $\Omega_H$  – угловая скорость вала гидронасоса;  $V$  – объём жидкости в системе насос-мотор;  $E$  – модуль упругости жидкости в системе насос-мотор;  $q_r$  – удельный объём гидравлического мотора;  $J$  – момент инерции гидравлического мотора;  $h$  – коэффициент вязкого трения гидравлического мотора;  $C_{п}$  – коэффициент сухого трения объекта управления;  $\Omega_{дв}$  – угловая скорость гидравлического мотора;  $M_B$  – момент упругих сил, действующих на двигатель

Было проведено исследование модели системы сканирования площадки для размещения сортимента. Целью моделирования системы сканирования является нахождение оптимального шага сканирования, что позволит обеспечить максимальный темп выполнения данной операции при приемлемой вероятности определения точки захвата сортимента.

При моделировании системы сканирования можно выделить несколько этапов:

1) формирование площадки для размещения сортимента с произвольной

конфигурацией неровностей. Для решения данной задачи использовался программный пакет MATLAB. Сначала формировалась ровная поверхность, затем по случайному закону распределения выбирались точки, которые затем смещались относительно базовой плоскости на произвольную величину в рамках выбранного диапазона перепада высот. В результате выполнения вышеприведённых операций мы получили поверхность с произвольной конфигурацией неровностей. Внешний вид окна генерации произвольной поверхности представлен на рис. 5;

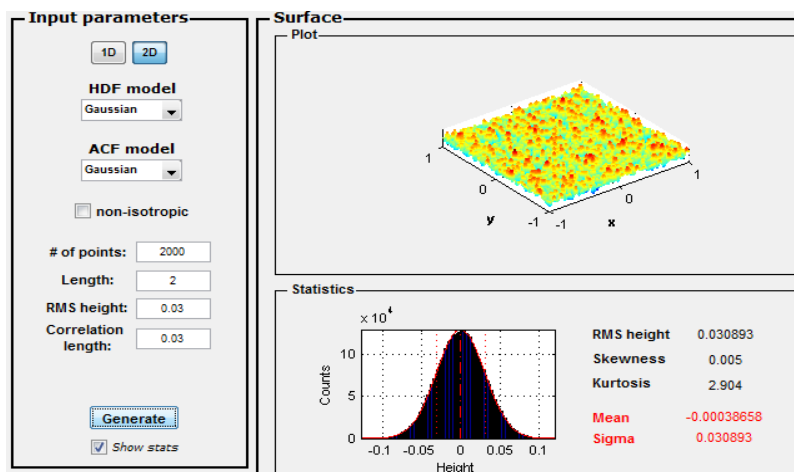


Рис. 5. Внешний вид окна генерации произвольной поверхности

2) распределение сортимента в пределах площадки, полученной в результате выполнения предыдущей операции. Закон распределения сортимента по площадке носил случайный характер, однако при этом учитывались допущения, приведённые выше;

3) имитация сканирования площадки для размещения сортимента с шагами  $\Delta x$  и  $\Delta y$  (по соответствующим координатным осям). В результате выполнения данной операции мы получили массивы точек, характеризующих размещение сортимента;

4) выделение трендов на основе значений массивов, полученных в результате выполнения предыдущей операции. Линейные тренды, построенные при обработке значений каждого массива, использовались для определения точек захвата сортимента.

Для достижения цели моделирования этапы 3 и 4 повторялись для разных шагов сканирования, при этом оптимальное значение выбиралось на основании анализа графиков, отражающих зависимость вероятности распознавания сортимента от выбранного шага сканирования. Итоговое значение шага сканирования по соответствующим осям выбиралось на основании допустимой погрешности определения расположения сортимента с учётом необходимости обеспечения максимального темпа сканирования. Следует заметить, что при моделировании системы сканирования за допустимую погрешность было принято значение 0,98, т.е. из ста единиц

сортимента допускалось ошибочное определение двух сортиментов.

Вышеназванные графики для различных шагов сканирования по осям X и Y представлены на рис. 6, а и 6, б.

Из графиков, приведённых на рис. 6, а и 6, б, можно сделать вывод, что оптимальными шагами сканирования по осям X и Y являются значения 5 и 6 см соответственно. Данные значения позволяют определять конфигурацию расположения сортимента с вероятностью 0,98.

При моделировании системы контроля конфигурацией манипулятора можно выделить несколько этапов:

1) задаётся конечная конфигурация манипулятора, обеспечивающая захват сортимента. Исходными данными для определения конфигурации манипулятора являются массивы точек, описывающие линии трендов, полученных в результате выполнения операции сканирования площадки для размещения сортимента;

2) определяется массив промежуточных состояний манипулятора. Данная операция выполняется путём элементарного приращения координат исполнительных механизмов;

3) выбирается промежуточное состояние из массива, обеспечивающее максимальное приближение захвата манипулятора к точке, заданной на первом этапе;

4) исходя из новой конфигурации, повторяются этапы 2 и 3, 4 до момента при-

ведения состояния манипулятора в конфигурацию, обеспечивающую захват сортифта.

Для достижения положительных результатов моделирования этапы повторялись для разных элементарных приращений координат пространственных механизмов манипулятора. Имитация данного процесса проводилась с помощью программы Simulink. Однако при выборе оптимального приращения важно учитывать ошибки приведения конфигурации манипулятора к требуемому состоянию. Итоговое значение элементарного приращения выбиралось на основании анализа графиков, отражающих зависимости

времени определения конечного графа и вероятности ошибки от приращения координат исполнительных механизмов. Следует заметить, что при моделировании системы контроля конфигурацией манипулятора учитывались допущения, приведённые выше. Вышеназванные графики представлены на рис. 6, в и 6, г [13–14].

Из графиков, приведённых на рис. 6, а и 6, б, можно сделать вывод, что оптимальным приращением координат пространственных механизмов является 4 см. Данные значения позволяют определять конечный граф за 230 мс с вероятностью ошибки приведения 0,02.

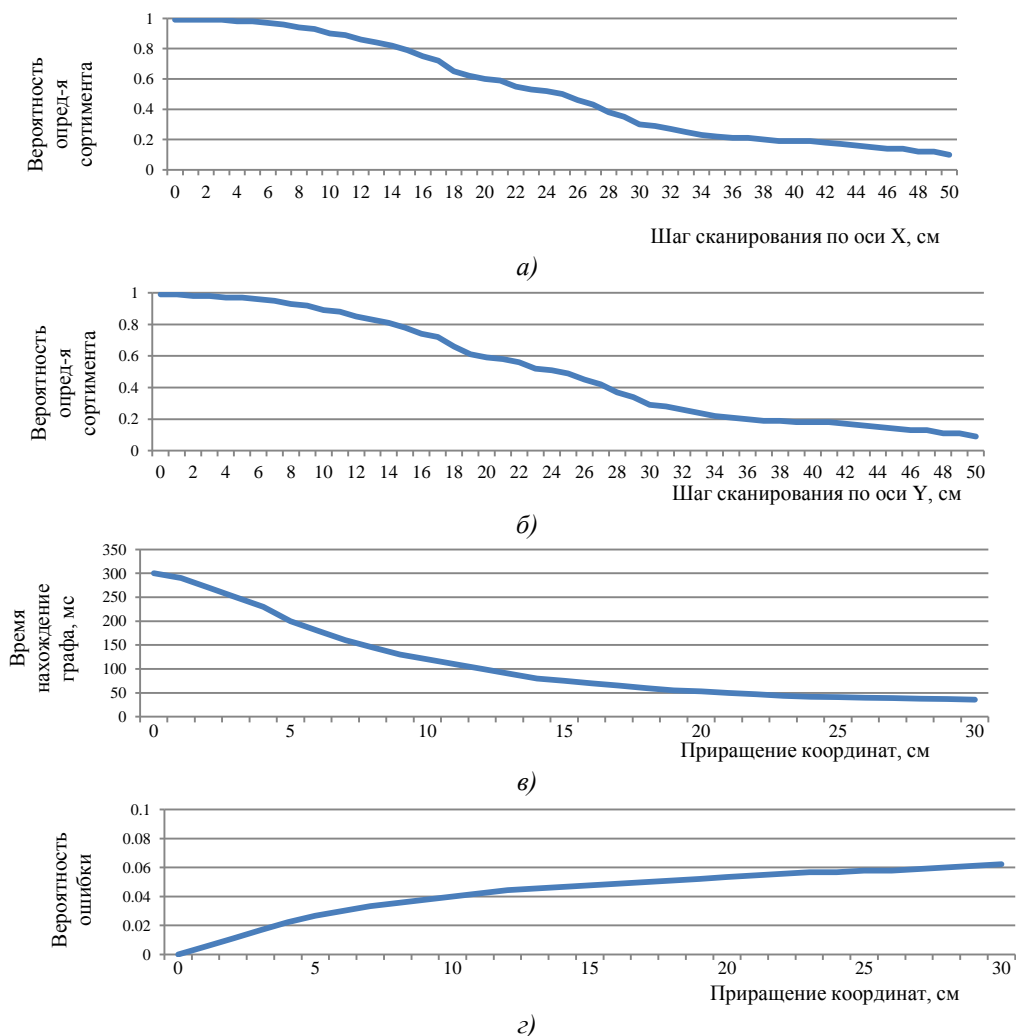


Рис. 6. Графики зависимостей: а – вероятностей распознавания расположения сортифта от шага сканирования по оси X; б – вероятностей распознавания расположения сортифта от шага сканирования по оси Y; в – времени определения графа от элементарного приращения координат исполнительных механизмов; г – ошибки приведения конфигурации манипулятора к требуемому состоянию от элементарного приращения координат исполнительных механизмов



Исследованием модели системы контроля гидроприводами является нахождение частотных характеристик, характеризующих эффективность функционирования гидроприводов манипулятора самоходной лесной машины.

При моделировании системы сканирования можно выделить несколько этапов:

1) разработка структурной схемы системы контроля гидроприводами в программе Simulink, являющейся элементом программного пакета MATLAB.

Структурная схема представлена на рис. 7;

2) имитация работы системы контроля гидроприводами на основе входных данных, полученных в результате выполнения операции нахождения графа для приведения конфигурации манипулятора к требуемому состоянию. При этом используются паспортные данные структурных элементов гидропривода;

3) анализ частотных характеристик объекта управления. Частотные характеристики приведены на рис. 8.

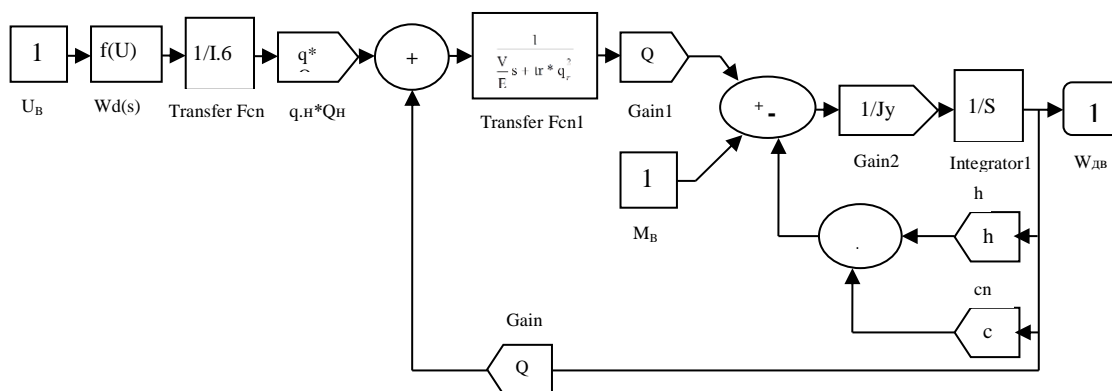
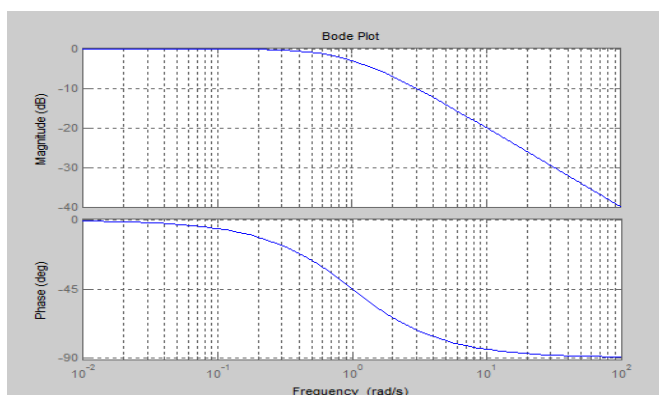
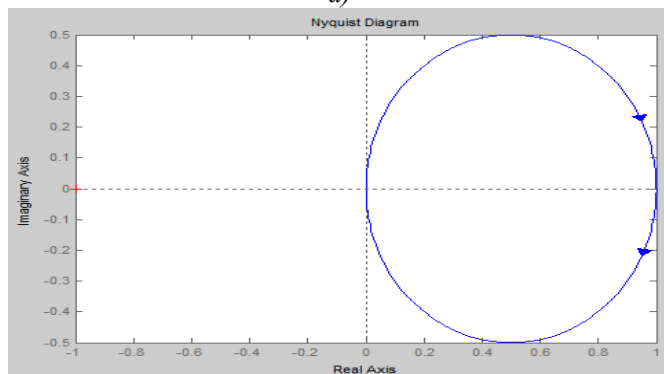


Рис. 7. Структурная схема гидропривода объёмного регулирования



а)



б)

Рис. 8. Частотные характеристики гидропривода объёмного регулирования: а – фазо-частотная характеристика; б – годограф частотной передаточной функции

Изменяя коэффициенты усиления в каналах обратной связи, можно добиться устойчивости системы, затем проанализировать качество полученной коррекции по критерию запаса устойчивости системы.

Наиболее перспективным подходом к моделированию, в контексте исследования процессов функционирования системы автоматизированного управления манипулятором самоходной лесной машины, является дискретно-событийное моделирование, поскольку данный подход даёт возможность разбить процесс функционирования на отдельные этапы и рассмотреть их по отдельности. Можно выделить несколько этапов, составляющих хронологическую последовательность событий, характеризующих функционирование автоматизированной системы: сканирование площадки для размещения сортимента, нахождение графа перехода текущей конфигурации манипулятора в состояние, обеспечивающее захват сортимента, изменение конфигурации манипулятора путём подачи управляющих импульсов на гидроприводы.

**Вывод.** Результат повышения эффективности и расширения функциональных

возможностей автоматизированных манипуляторов для самоходных лесных машин достигается при моделировании вышеприведённых событий при нахождении оптимальных параметров, являющихся ключевыми в рамках соответствующих процессов:

1) шаг сканирующей системы. По результатам моделирования были определены шаги сканирования по осям X и Y – 5 и 6 см соответственно. Данные значения позволяют определять конфигурацию расположения сортимента с вероятностью 0,98;

2) приращение координат исполнительных механизмов манипулятора, время определения графа для приведения текущей конфигурации манипулятора к требуемому состоянию. Оптимальным приращением координат пространственных механизмов является 4 см. Данные значения позволяют определять конечный граф за 230 мс с вероятностью ошибки приведения 0,02;

3) частотные характеристики, характеризующие эффективность функционирования гидроприводов манипулятора самоходной лесной машины.

#### Список литературы

1. *Ruscha, M. L. Spatial Ability and Map-Based Software Applications / M. L. Ruscha, S. M. Nusserb, L. L. Millerc, G. I. Batinovc, K. C. Whitneyc // АСНІ 2012: The Fifth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions, Pp. 35 – 40.*
2. *Westerberg, S. Virtual Environment-Based Teleoperation of Forestry Machines: Designing Future Interaction Methods / S. Westerberg, A. Shiriaev // Journal of Human-Robot Interaction. – 2013. – Vol. 2, No.3. – Pp. 84-110.*
3. *Анисимов, С. Е. Многозвенные манипуляторы: науч. изд. / С. Е. Анисимов, П. М. Мазуркин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 73 с.*
4. *Багаутдинов, И. Н. Проектирование специальных лесных машин / И. Н. Багаутдинов, В. А. Грязин, Я. И. Шестаков. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. – 46 с.*
5. *Грязин, В. А. Энергоаккумулирующий привод лесозаготовительных и подъемно-транспортных машин : монография / В. А. Грязин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. – 95 с.*
6. *Мазуркин, П. М. Метод функционального поискового конструирования машин и их узлов / П. М. Мазуркин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. – 55 с.*
7. *Павлов, А. И. Надежность гидроприводов лесосечных машин / А. И. Павлов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 211 с.*
8. *Шестаков, Я. И. Совершенствование манипуляторов лесозаготовительных машин / Я.И.Шестаков, А.Ф.Галиахметов // Наука в условиях современности: сб.ст.студ.,асп., докторантов и преподавателей по итогам науч.-техн.конф. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. – 89 с.*
9. *Алексенцев, В.И. Исследование случайных процессов при различных подходах к математическому моделированию / В.И. Алексенцев // Вестник Самарского государственного университета. Естественнонаучная серия. – 2006. – № 6/1(46). – С. 297-304.*
10. *Кукин, Н.С. Синтез алгоритма оптимального управления дискретной системой по квадратичному критерию максимальной точности / Н.С.*

Кукин, И.В. Некрасов // Известия института инженерной физики. – 2012. – Том 2, № 26. – С. 13-18.

11. Денисова, Л.А. Событийное моделирование цифровой системы регулирования / Л.А. Денисова // Омский научный вестник. – 2011. – №3 (103). – С. 261-265.

12. Ратушняк, Г.Я. Методы моделирования процессов восстановления сложных технических систем на основе детерминированного подхода /

Г.Я. Ратушняк // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2007. – Т. 5, № 5. – С. 58-62.

13. Труды Второй всероссийской научной конференции «Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB» / Под общ. ред. Е.В. Никульчева. – М., 2004. – 1955 с.

14. Мазуркин, П. М. Манипуляторные машины / П. М. Мазуркин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 354 с.

Статья поступила в редакцию 28.05.14.

**Ссылка на статью:** Царев Е. М., Онучин Е. М., Крнев А. В. Расширение функциональных возможностей автоматизированных манипуляторов самоходных лесных машин // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 3 (23). – С. 31-42.

### Информация об авторах

*ЦАРЕВ Евгений Михайлович* – доктор технических наук, профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленных производств, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – исследования по направлениям: технологии, оборудование, конструкции, механика. Автор 153 публикаций. E-mail: 651020@mail.ru

*ОНУЧИН Евгений Михайлович* – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машин и оборудования, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – технологии и машины для рационального природопользования с адаптивно-модульными свойствами. Автор 140 публикаций. E-mail: OnuchinEM@volgatech.net

*КРЕНЕВ Андрей Вячеславович* – аспирант кафедры технологии и оборудования лесопромышленных производств, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – технологии, оборудование лесопромышленного комплекса. Автор шести публикаций. E-mail: krenev.andrei@mail.ru

---

## EXPANSION OF FUNCTIONALITY OF THE AUTOMATED MANIPULATORS OF FOREST COMPLEX

*E. M. Tsarev, E. M. Onuchin, A. V. Krenev*

Volga State University of Technology,  
3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation

E-mail: 651020@mail.ru

**Keywords:** modeling; planning; configuration of scanning platform; object recognition algorithm solutions.

### ABSTRACT

*Mechanization and automation are inseparably connected with forest industry. Besides, it is the main field of activity. The main component of logging is represented by modern logging cars which allow to considerably improve the labor productivity and the quality of work. Relevance of the research is defined by the unsatisfactory level of mechanization and automation of a number of works in forest industry and forestry, in the field of maintenance and simple maintenance of cars and equipment of forest complex. The goal of the research is to increase the efficiency and to extend functionality of the automated manipulators for cars and the equipment of forest complex. The main stages of modeling of the system of scanning of a platform are reflected in the work for placement of assortments, the main stages of the monitoring system modeling by a manipulator configuration, stages of modeling of the monitoring system by hydraulic actuators are offered. In course of realization of modeling dependences of probabilities of recognition of arrangement of assortment on a step of scanning in axes X and Y, time of definition of the count from an elementary increment of coordinates of executive mechanisms and an error of reduction of a configuration of the manipulator to a demanded condition of an increment of coordinates of executive mechanisms were received. As a result, a value allowing to define a configuration of an arrangement of assortment with probability of 0.98 was obtained. The optimum increment of coordinates of spatial mechanisms equal to 4 cm by means of which the final count decides for 230 ms on probability of reduction 0.02 is found. The frequency characteristics showing efficiency of functioning of hydraulic actuators of the manipulator of the self-propelled car are received.*

## REFERENCES

1. Ruscha M. L., Nusserb S. M., Mil-lerc L. L., Batinov G. I., Whitney K. C. Spatial Ability and Map-Based Software Applications. ACHI 2012: The Fifth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions. Pp. 35-40.
2. Westerberg S., Shiriaev A. Virtual Environment-Based Teleoperation of Forestry Machines: Designing Future Interaction Methods. Journal of Human-Robot Interaction. 2013. Vol.2, No.3, Pp. 84-110.
3. Anisimov S. E. *Mnogozvennyye manipulyatory* [Multi-Link Manipulators: scientific publication]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2003. 73 p.
4. Bagautdinov I. N., Gryazin V.A., Shestakov Ya.I. *Proektirovaniye spetsialnykh lesnykh mashin* [Designing of Special Forest Machines]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2008. 46 p.
5. Gryazin V. A. *Energoakkumuliruyushchiy privod lesozagotovitelnykh i podemno-transportnykh mashin: monografiya* [Energy-Accumulating Drive of Logging and Carrying and Lifting Machines: monograph]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2009. 95 p.
6. Mazurkin P. M. *Metod funktsionalnogo poiskovogo konstruirovaniya mashin i ikh uzlov* [Method of Functional Search Machines Construction and Construction of Its Parts]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2009. 55 p.
7. Pavlov A. I. *Nadezhnost gidroprivodov lesosechnykh mashin: nauchnoe izdanie* [Reliability of Hydraulic Gear of Stump-to-Roadside Equipment: scientific edition]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2004. 211 p.
8. Shestakov Ya. I., Galiakhmetov A.F. *Sovershenstvovaniye manipulyatorov lesozagotovitelnykh mashin* [Improvement of Manipulators of Forestry Machines]. *Nauka v usloviyakh sovremennosti: sb.st.stud.,asp.,doktorantov i prepodavateley po itogam nauch.- tekhn.konf.* [Science of Today: collected papers of the works of students, postgraduate students, candidates for a Doctor degree, lecturers on the results of the research and technical conference]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2008. 89 p.
9. Alekseyentsev V.I. *Issledovaniye sluchaynykh protsessov pri razlichnykh podkhodakh k matematicheskomu modelirovaniyu* [Study of Random Processes with the Use of Different Approaches to Mathematical Simulation]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennonauchnaya seriya* [Vestnik of Samara State University. Naturalistic series]. 2006. № 6/1 (46). Pp. 297-304.
10. Kukin N.S., Nekrasov I.V. *Sintez algoritma optimalnogo upravleniya diskretnoy sistemoy po kvadraticnomu kriteriyu maksimalnoy tochnosti* [Synthesis of an Algorithm for the Optimal Control of Discrete System by Quadratic Criterion of Maximum Precision]. *Izvestiya instituta inzhenernoy fiziki* [News of the Institute of Engineering Physics]. 2012. Vol. 2, № 26. Pp. 13-18.
11. Denisova L.A. *Sobytiynoe modelirovaniye tsifrovoy sistemy regulirovaniya* [Activity - Directed Simulation of Digital Control System]. *Omskiy nauchnyy vestnik* [Omsk Research Journal]. 2011. № 3 (103). Pp. 261-265.
12. Ratushnyak G.Ya. *Metody modelirovaniya protsessov vosstanovleniya slozhnykh tekhnicheskikh sistem na osnove determinizirovannogo podkhoda* [Methods for Simulation of the Processes of Reconstruction of Complex Technical Systems Based on the Deterministic Approach]. *Informatsionno-izmeritelnye i upravlyayushchie sistemy* [Information-Measuring and Management Systems]. 2007. Vol. 5, № 5. Pp. 58-62.
13. *Trudy vtoroy vserossiyskoy nauchnoy konferentsii «Proektirovaniye inzhenernykh i nauchnykh prilozheniy v srede MATLAB»* [Proceedings of the Second All-Russian Scientific Conference «Design of Engineering and Scientific Applications in MATLAB»]. Moscow, 2004. 1955 p.
14. Mazurkin P. M. *Manipulyatornye mashiny* [Manipulator Machines: study guide]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2001. 354 p.

The article was received 28.05.14.

**Citation for an article:** Tsarev E. M., Onuchin E. M., Krenev A. V. Expansion of functionality of the automated manipulators of forest complex. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2014. No 3(23). Pp. 31-42.

#### Information about the authors

*TSAREV Evgeniy Mikhaylovich* – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Chair of Technology and Equipment for Timber Industries, Volga State University of Technology. Research interests – technologies, equipment, structures, mechanics. The author of 153 publications. E-mail: 651020@mail.ru

*ONUCHIN Evgeniy Mikhaylovich* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Chair of Machines and Equipment Exploitation, Volga State University of Technology. Research interests – technologies and machines for rational nature management with adaptive and modular properties. The author of 140 publications. E-mail: OnuchinEM@volgategh.net

*KRENEV Andrey Vyacheslavovich* – Postgraduate student (PhD student) at the Chair of Technology and Equipment for Timber Industries, Volga State University of Technology. Research interests – technologies, equipment, of timber industry complex. The author of 6 publications. E-mail: krenev.andrei@mail.ru