

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Дзюба Андрей Алексеевич

**Разработка имитационной модели системы управления
элемента высокотехнологичного роботизированного
процесса**

Направление подготовки
27.04.04 «Управление в технических системах»

АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

2019



Работа выполнена в ФГОУ ВО «Комсомольский - на - Амуре
государственный университет»

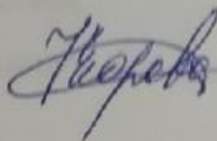
Научный руководитель: кандидат технических наук
Горькавый Александр Иванович

Рецензент: исполняющий обязанности заведующего
кафедрой «информационной
безопасности, информационных систем
и физики» ФГБОУ ВО «АмГПУ»
Кандидат физико-математических наук
Анисимов Антон Николаевич

Защита состоится 20 июня 2019 года в 10 часов 00 мин на заседании
государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки
27.04.04 «Управление в технических системах» в Комсомольском-на-Амуре
государственном техническом университете по адресу: 681013, г.
Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 207/3.

Автореферат разослан 07.06.2017

Секретарь ГЭК



В. П. Егорова

Актуальность темы. В настоящее время роботы-манипуляторы широко используются на производствах в условиях, опасных для человека, а также в сферах с высокой репетитивностью выполняемых операций. Зачастую, роботы-манипуляторы имеют значительные весогабаритные показатели, а также продолжительное время функционирования в течение рабочего дня. Это приводит к большим энергетическим затратам при включении подобного робота в производственный процесс. В настоящее время в связи со стремлением оптимизировать расходы на производство, а также в связи с распространением программ по бережливому производству и экономии природных ресурсов, актуально стоит вопрос экономии энергии, в особенности, на высокотехнологичных производствах.

Цель магистерской диссертации: разработать имитационную модель робота-манипулятора, содержащую расчет энергетических затрат на перемещение и алгоритм снижения энергетических затрат. Также планируется разработать план внедрения разработанной имитационной модели в процесс обучения студентов направления «Мехатроника и робототехника».

В рамках поставленной цели определены следующие **задачи:**

1. Проанализировать особенности функционирования производственного процесса транспортировки грузов роботами-манипуляторами.
2. Выявить критерии оценки функционирования промышленных роботов.
3. Сформулировать проблемы и цели имитационного моделирования.
4. Выбрать методы математического описания модели, сформулировать критерии оценки адекватности модели.
5. Рассмотреть вопросы энергетического менеджмента на высокотехнологичных производствах.
6. Произвести проектирование имитационной модели.

7. Разработать имитационную модель и внедрить в нее алгоритмы энергосбережения.

8. Произвести экспериментальное исследование имитационной модели, выявить ее эффективность.

9. Разработать план инновационного внедрения имитационной модели в процесс изучения дисциплин по направлению «Мехатроника и робототехника»

10. Проанализировать экономическую эффективность модели при внедрении в производство и учебный процесс.

Объект исследования – конвейерный производственный процесс с применением роботов-манипуляторов.

Предмет исследования – система управления движением осей робота-манипулятора.

Методы решения задач. При решении поставленных задач использовался математический аппарат построения моделей роботов-манипуляторов и их кинематики и методы математического моделирования. При проведении этапов синтеза и моделирования использовался прикладной математический пакет Matlab.

Научная новизна работы. Разработана имитационная модель, позволяющая снизить энергетические затраты при перемещении осей-робота манипулятора в конкретном производственном процессе, а также разработан план ее инновационного внедрения в производственный и учебный процессы.

Достоверность и обоснованность обеспечивается корректностью постановки задач и подтвержденной результатами экспериментальных исследований, проведенных в среде Matlab.

Практическая значимость работы заключается в разработанном алгоритме снижения энергетических затрат в производственном процессе с применением роботов-манипуляторов, а также в проекте его инновационного внедрения в производственный процесс.

Апробация результатов. Основные положения работы были представлены на 48-й научно-технической конференции студентов и аспирантов в г. Комсомольск-на-Амуре, 2018 г., а также были опубликованы в международном научном издании по итогам международной научно-практической конференции «Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство», Казань: ПАО Газпром, 2019 г.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, трёх глав и заключения содержащих 85 страниц основного текста, 14 таблиц, 51 рисунок, и списка литературы из 20 наименований.

Содержание диссертации.

Вовведении обозначена актуальность проблемы работы, обозначена цель работы и задачи по достижению этой цели.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы исследования, определяются цели и задачи.

Первая глава рассматривает высокотехнологичный производственный процесс, который включает в себя роботов-манипуляторов, производит обоснование использования имитационного моделирования для достижения цели снижения энергопотребления и анализирует математический аппарат, использующийся для создания имитационной модели.

Рассматриваемый производственный процесс включает в себя несколько роботов-манипуляторов, следует отметить, что планируется расширение количества задействованных роботов-манипуляторов. Функциональная схема производственного процесса представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Функциональная схема системы управления роботизированным процессом

Такая структура системы обеспечивает управление, сбор информации, ее регистрацию, визуализацию, сохранение в базе данных и создание резервных копий. Кроме того, обеспечивается контроль, за оборудованием и сигнализация достижения параметрами управления заданных значений.

Создание имитационной модели предполагает работу с системой управления роботом-манипулятором. В продемонстрированной функциональной схеме это подразумевает воздействие на элемент программы управления.

В рассматриваемом производственном процессе робот-манипулятор выполняет задачу транспортировки. Соответственно, для создания имитационной модели будут рассмотрены следующие критерии:

- точность позиционирования;
- время выполнения транспортировки;
- оптимальность траектории движения.

Для создания имитационной модели необходимо составить кинематическую схему моделируемого робота манипулятора, она представлена на рисунке 2.

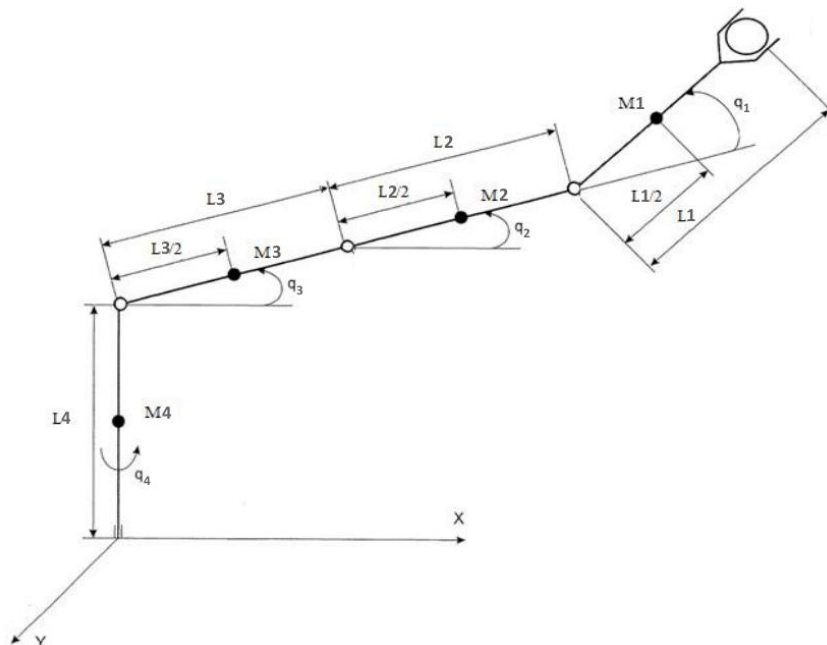


Рисунок 2 - Кинематическая схема робота-манипулятора

После рассмотрения проблемы энергетического менеджмента, решено, что применение имитационного моделирования для решения поставленной задачи позволяет разработать систему управления роботом-манипулятором, снижающую энергетические затраты, без постоянного использования реального объекта. Это позволит снизить затраты на разработку такой системы и предоставит широкий набор инструментов достижения этой цели.

Во второй главе производится разработка и исследования имитационной модели робота-манипулятора.

Имитационная модель имеет модульную структуру, в которой каждый модуль представляет собой отдельный набор функций, отвечающих за свою задачу. Схема модульной структуры имитационной модели представлен на рисунке 3.

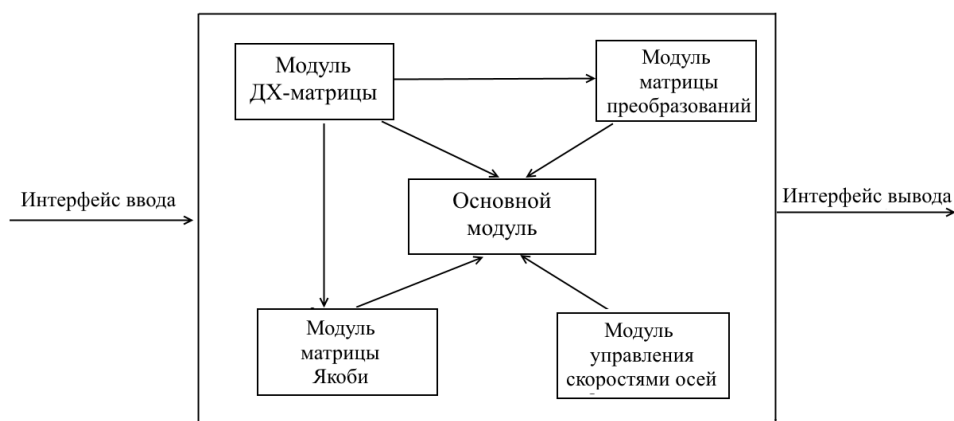


Рисунок 3 - Структура имитационной модели

Для представления звеньев робота-манипулятора воспользуемся ДХ-представлением и матрицами преобразования.

С помощью применения математического аппарата, в программном пакете Matlab трехмерную модель робота-манипулятора, представленную на рисунке 4.

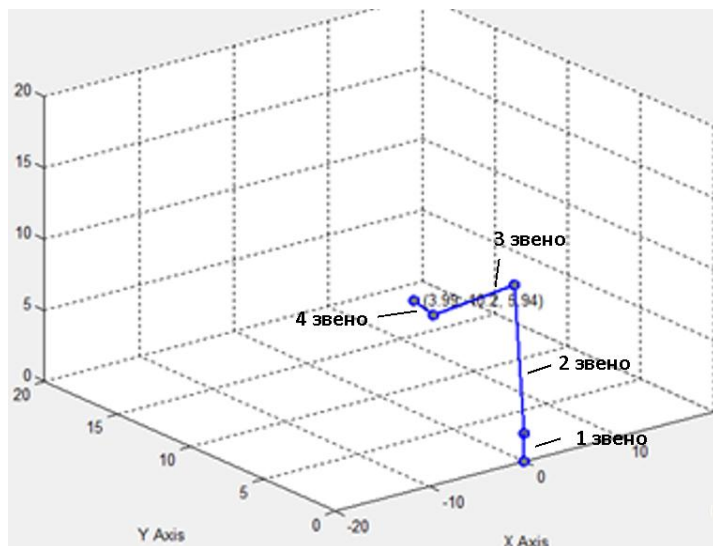


Рисунок 4 - Модель робота-манипулятора

Также добавим в имитационную модель расчет угловых скоростей звеньев, статических нагрузок, мощностей и энергетических затрат. Пример расчета графиков при перемещении осей робота-манипулятора представлен на рисунке 5.

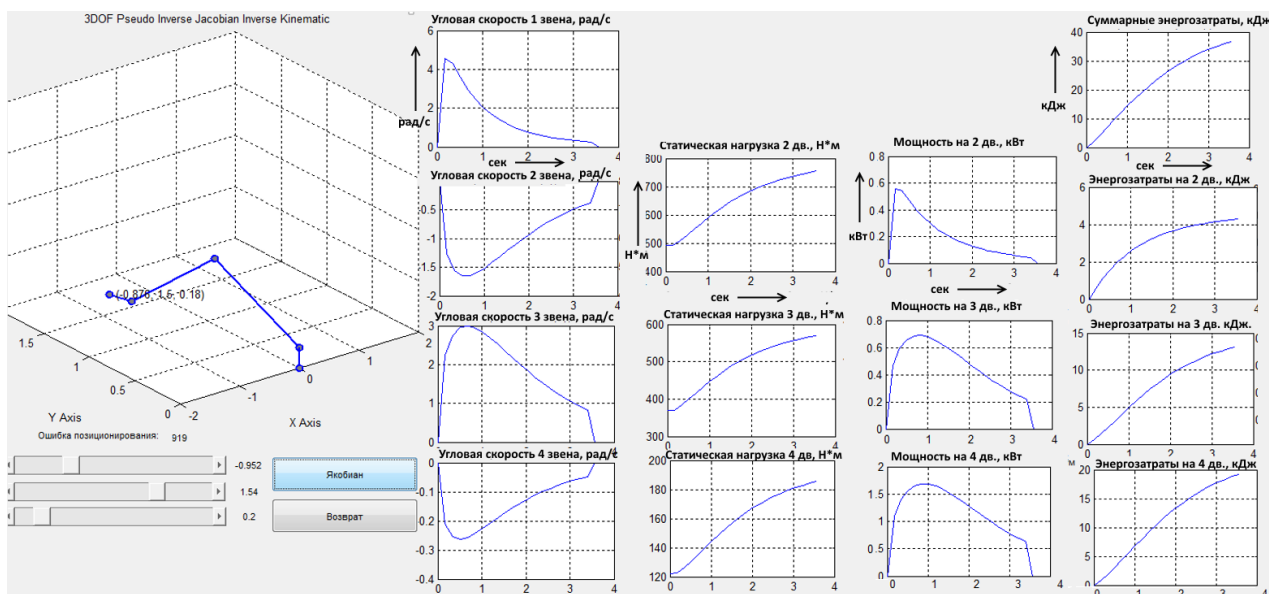


Рисунок 5 - Графики расчета энергетический затрат

Внедрим в имитационную модель алгоритм энергосбережения и представим его на рисунке 6.

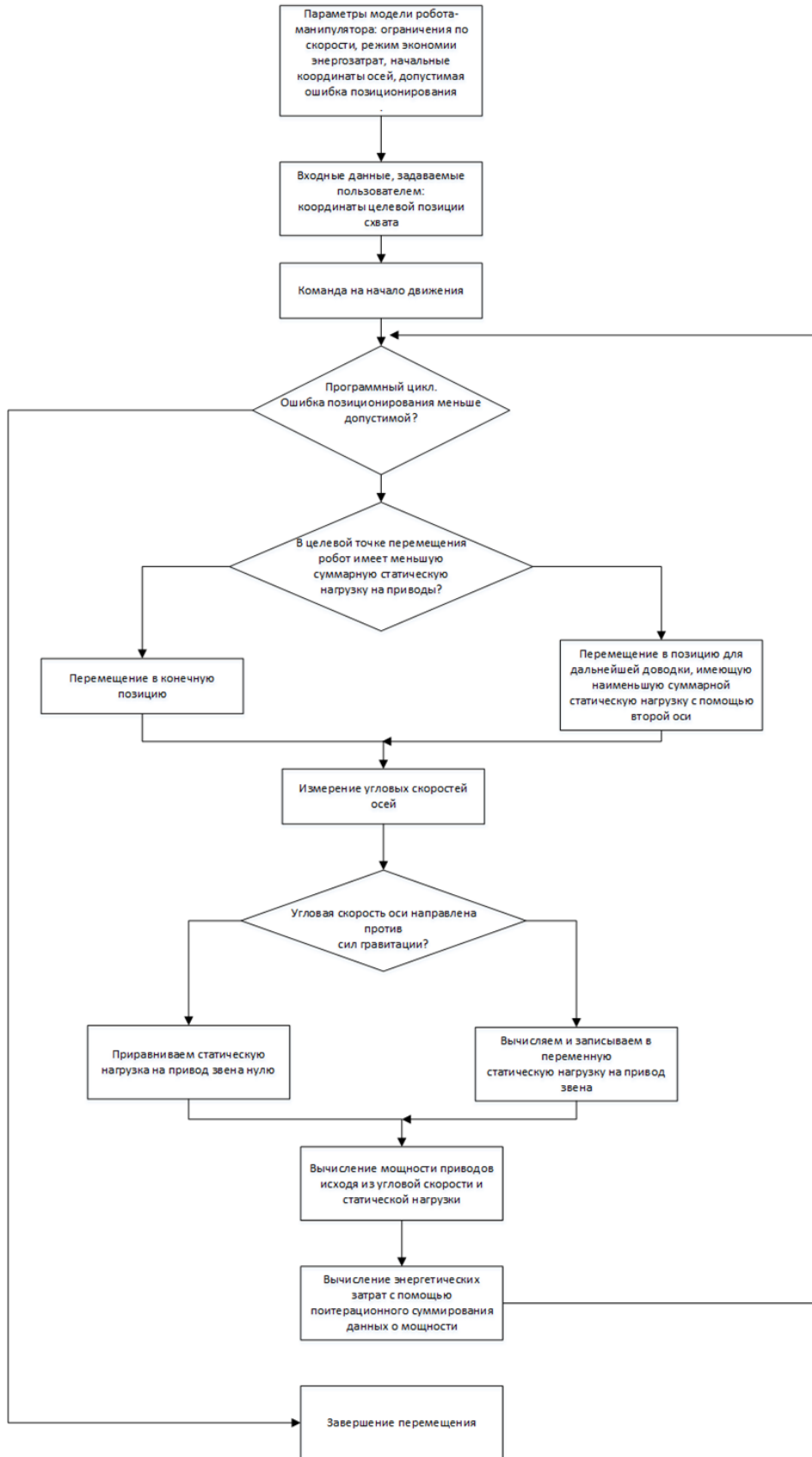


Рисунок 6 - Блок-схема алгоритма управления движением осей робота для снижения энергозатрат

Проведем экспериментальные исследования разработанного алгоритма. На рисунке 6 представлено перемещение робота без алгоритма уменьшения энергозатрат, на рисунке 7 изображено движение манипулятора с разработанным алгоритмом.

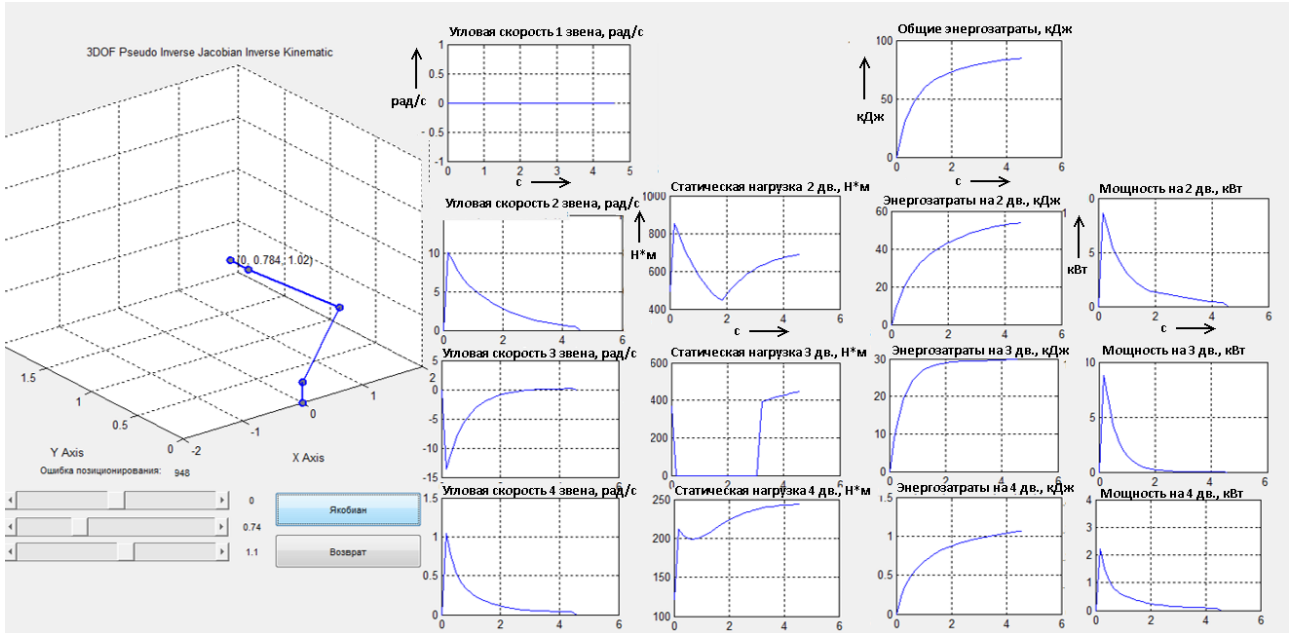


Рисунок 8 - Перемещение манипулятора без алгоритма уменьшения энергетических затрат

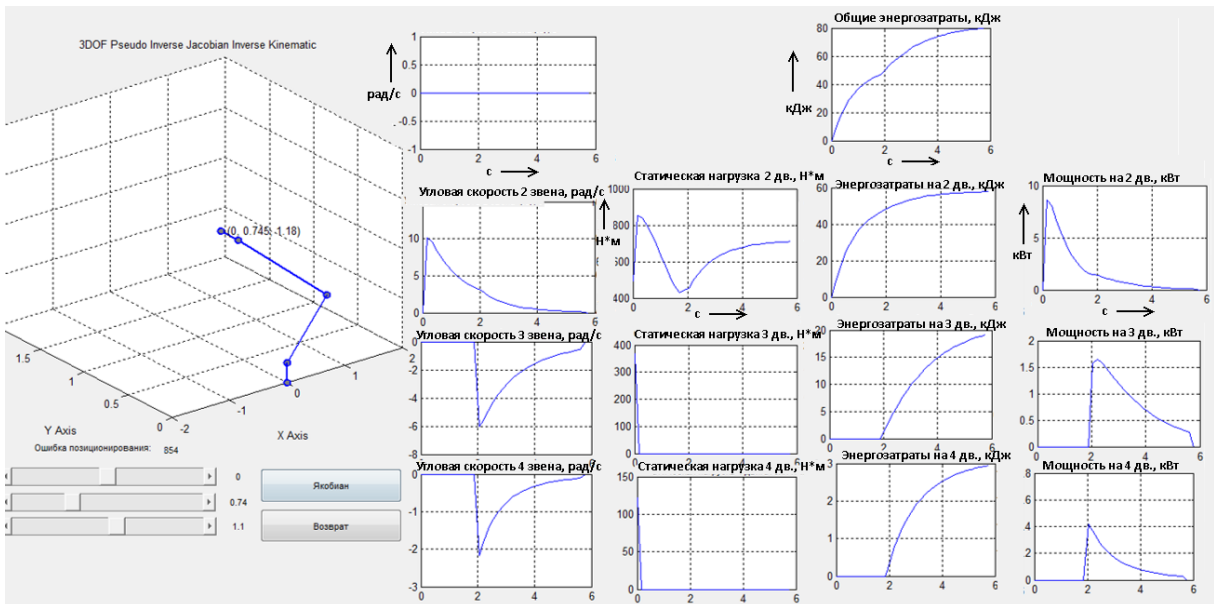


Рисунок 7 - Перемещение манипулятора с алгоритмом уменьшения энергетических затрат

Движение производилось таким образом, что сначала электропривод второго звена совершил доводку до вычисленного системой положения, в котором при подъеме вверх статические моменты будут минимальны. Далее, из этого промежуточного положение был произведен подъем фланца до конечной точки.

Полученный алгоритм позволяет снизить энергетические затраты при совершении роботом-манипулятором задачи транспортировки грузов в производственном процессе.

Также в главе построен процесс модернизации процесса обучения студентов дисциплинам направления «Мехатроника и робототехника» с помощью включения цикла лабораторных работ с применением имитационной модели. Структура модернизированного процесса обучения представлена на рисунке 8.



Рисунок 9 - Модернизированный процесс обучения

При включении звена лабораторных работ, включающих в себя интерактивную модель манипулятора, студент получает дополнительные источники знаний.

С помощью взаимодействия с моделью происходит закрепление теоретических знаний. В свою очередь, модель, построенная на принципе интерактивности, дает обучающемуся обратную связь в виде системных сообщений, результатов вычисления и визуализации. Благодаря этому происходит более быстрое и качественное закрепление знаний.

В третьей главе производится анализ эффективности созданной имитационной модели в производственном и учебном процессах.

Затраты на движение приведены с переводом затрат электроэнергии на одно движения робота-манипулятора в единицы измерения кВт/ч. Тариф на электроэнергию взят средний по России с учетом планирования повышения цен на электроэнергию. Затраты на час движения приводятся с учетом времени совершения модели манипулятора одного движения. Включено также расширение производства и увеличение числа роботов, включенных в технологический процесс. В расчеты также включены амортизационные отчисления на оборудование. Они вычисляются с расчетом заявленного срока службы робота производителем в 30000 часов.

График окупаемости проекта внедрения алгоритма энергосбережения в процесс выполнения роботов-манипулятором производственных операций представлен на рисунке 10.

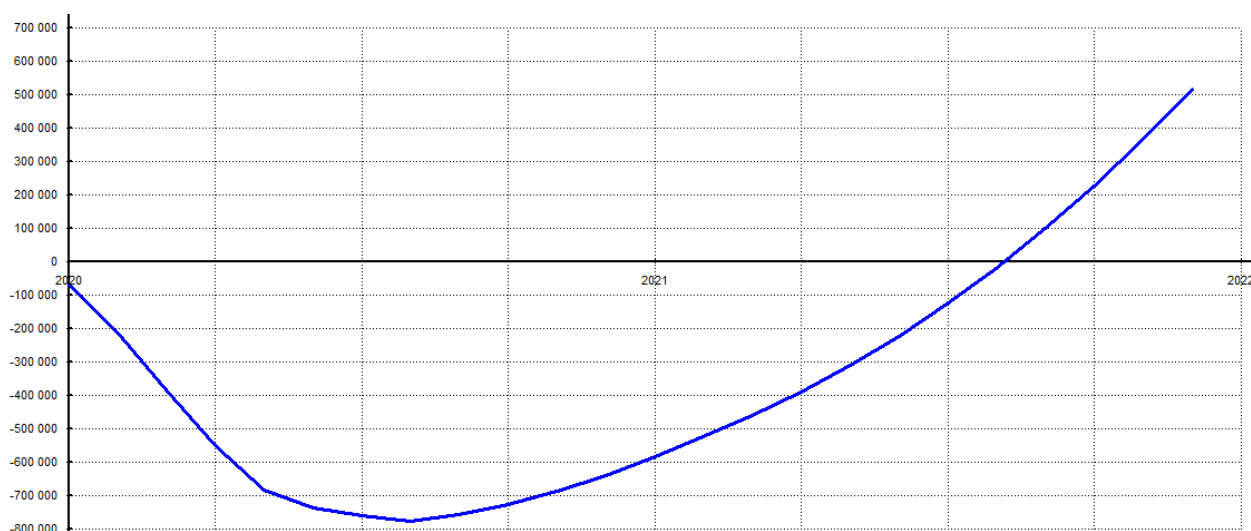


Рисунок 10- График окупаемости проекта внедрения алгоритма энергосбережения

В соответствии с полученными данными, проект выходит на положительное значение баланса наличности на конце периода примерно полтора года после введения в эксплуатацию.

Рассчитаем график окупаемости проекта внедрения имитационной модели в процесс обучения. Проект модернизации производства нацелен на повышение квалификации выпускаемых учебным учреждением специалистов, сокращение издержек при их обучении, а также на формирование услуг по повышению квалификации инженеров предприятий. В списке производимых продуктов присутствует экономия за часы работы преподавателей, а также доход от организации курсов повышения квалификации. Сведения о производимых продуктах представлены на рисунке 11.

Наименование	Ед. изм.	Нач. продаж
Экономия средств за месяц	часы	01.01.2020
Курс "Математические основы"	шт	01.01.2020
Курс "Оптимизация траектории"	шт	01.01.2020
Курс "Программирование прои"	шт	01.01.2020

Рисунок 11 - Сведения о производимых продуктах

Рассчитанный график окупаемости проекта представлен на рисунке 12.

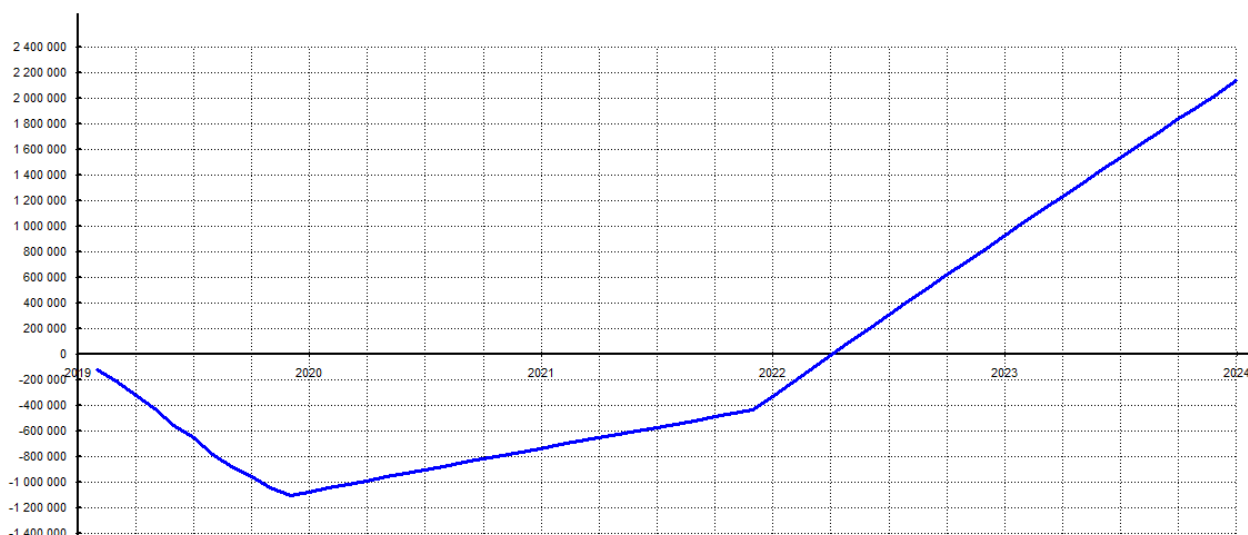


Рисунок 12 - График окупаемости проекта внедрения в учебный процесс

В соответствии с полученными данными, проект выходит на положительное значение баланса наличности на конце периода примерно через один год после введения в эксплуатацию.

Вывод

При выполнении магистерской диссертации были достигнуты следующие результаты и сделаны выводы:

– проведен анализ высокотехнологичного производственного процесса. В результате анализа выявлены основные критерии оценки эффективности функционирования робота-манипулятора как элемента производственного процесса и сделан выбор в пользу имитационного моделирования для решения задачи снижения энергетических затрат при его использовании.

– Составлена математическая модель робота-манипулятора и спроектирована структура имитационной модели. По спроектированной структуре разработана имитационная модель, включающая в себя учет таких параметров как угловая скорость звеньев, статические нагрузки, мощности и энергозатраты на приводах. После этого разработан алгоритм снижения энергозатрат при движении звеньев. Проведены экспериментальные исследования разработанной модели, в результате чего доказана ее работоспособность и выявлена эффективность алгоритма снижения энергетических затрат, что несомненно является научной новизной.

– Разработан план инновационного внедрения разработанной системы снижения энергетических затрат в производственный процесс и доказана его экономическая эффективность. Разработан план внедрения имитационной модели в учебный процесс направления «Мехатроника и робототехника» и реализации программ дополнительного обучения с ее применением, в результате чего также доказана экономическая эффективность данного внедрения.

Список использованных источников

1. Антони, М. А. Интерактивные методы обучения как потенциал личностного развития студентов / Психология обучения. - 2010. - N 12. - С. 53-63.
2. Балабенко, С. В. Создание и разработка модели робота-манипулятора // Томский политехнический университет. – 2018. -№6 – с. 189-190.
3. Барышева, А. В. Инновационный менеджмент: Учебное пособие / А. В. Барышева, К. В. Балдин, М. М. Ищенко. — М. : ИТК Дашков и К, 2015. — 384 с.
4. Бурдаков, С. Ф., Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов / С. Ф, Бурдаков, В. А. Дьяченко - М. : Высшая школа, 1986. – 264 с.
5. Воронкова, О. Б. Информационные технологии в образовании : интерактивные методы / О. Б. Воронкова. – Ростов н/Д : Феникс , 2010. - 315 с.
6. Гандер, В. А., Решение задач в научных вычислениях с применением Maple и MATLAB / В. А. Гандер, И. В. Гржебичек. – М. :Вассамедина, 2005. - 520 с..
7. Крейг, Д. Робототехника. Механика и управление / Д. Крейг. Изд-во Институт Компьютерных исследований, 2013. – 564 с.
8. Дьякова, Т. М. Активные и интерактивные формы и методы обучения в формировании конкурентоспособного специалиста // Методист. – 2011. - № 8. – С. 50
9. Житников, Ю. З., Расчет параметров схвата манипулятора / Б. Ю. Житников, Ю. З. Житников // СПб. - 2010. - №2. - с.30-38.
10. Зенкевич, С. Л., Основы управления манипуляционными роботами. / С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана – 2013. – 480 с.
11. Строгалева, В. П., Имитационное моделирование / В. П. Строгалева, И. О. Толкачева. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана – 2014. – 245 с.
12. Ильенкова, С. Д. Инновационный менеджмент / С. Д. Ильенкова. - М. : Банки и биржи, 2014. – 327 с.
13. Кукушин, В. С. Теория и методика обучения: учебное пособие / С. В. Кукушин. – М. : Феникс, 2005. - 474 с.

14. Рощина, С.И. Энергетический менеджмент: Учебное пособие / С. И. Рощина, П. Н. Захаров. – М. : Изд-во ВлГУ, 2014. – 85 с.
15. Пол, Р. Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота-манипулятора / Р. Пол. - М.: Наука, 1976. – 104 с.
16. Попов, Е. П. Манипуляционные роботы. Динамика и алгоритмы / Е. П. Попов, А. Ф. Верещагин, С. Л. Зенкевич – М.: Наука, 2015. - 398 с
17. Спыну, Г. А. Промышленные роботы. Конструирование и применение: учеб. пособие / Г. А. Спыну. – М. :Выш. шк.,1991. – 311 с.
18. УП ФГБОУ «КНАГУ» Учебный план подготовки бакалавров по направлению «Мехатроника и робототехника». – Введ. 04.12.2017. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2017. – 7 с.
19. Шаньгин, Е. С. Управление роботами и робототехническими системам: учеб. пособие / Е. С. Шаньгин. – Уфа :Уфим. гос. авиац. техн. ун-т, 2005. – 188 с.
20. Юревич, Е. И. Основы робототехники // М. : БХВ- Петербург, 2007. – 416 с.