

На правах рукописи

ГАФАРОВ Радик Русланович

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО
РЕЖИМА РАБОТЫ УЧАСТКА
МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА**

Специальность: 05.13.06

**Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (в промышленности)**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Уфа-2009

Работа выполнена
в ГОУ ВПО
"Уфимский государственный авиационный технический университет"

Научный руководитель	д-р техн. наук, проф., заслуж. деятель науки РФ и РБ, ГУСЕВ Юрий Матвеевич
Официальные оппоненты	д-р техн. наук АХМАДУЛЛИН Камиль Рамазанович д-р техн. наук, проф. МУНАСЫПОВ Рустем Анварович
Ведущая организация	Научно-исследовательский институт техни- ческих систем "Пилот"

Защита состоится « 27 » _____ марта _____ 2009 года в 10:00 часов
на заседании диссертационного совета Д-212.288.03
при Уфимском государственном авиационном техническом университете
по адресу: 450000, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета
Автореферат разослан « » _____ 2009 года

Ученый секретарь дис-
сертационного совета
д-р техн. наук, проф.

В. В. Миронов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Существенные затраты при транспортировке нефти приходится на энергопотребление технологическим оборудованием нефтеперекачивающих станций (НПС) на всём протяжении участка магистрального нефтепровода (МН). Поэтому снижение энергетических затрат технологического оборудования всех станций, входящих в состав участка МН, является основной целью при расчёте технологических режимов перекачки нефти. Решение данной задачи приведёт к снижению себестоимости транспорта нефти.

Исследованию режимов работы нефтепроводов, выбору оптимального режима их функционирования, анализу эффективности эксплуатации магистральных насосных агрегатов посвящены работы отечественных учёных и специалистов: К. Р. Ахмадуллина, Р. Н. Бахтизина, М. А. Валиева, А. П. Верёвкина, А. Г. Гумерова, А. А. Коршака, С. Е. Кутукова, В. Ф. Новосёлова, А. М. Шаммазова и других. Существующие автоматизированные системы управления магистральными нефтепроводами обеспечивают им надёжную и бесперебойную работу, но оптимум не достигается, то есть можно сказать, что НПС работают в квазиоптимальном режиме. Участок МН представляет собой систему с множественными связями между её частями, обладающих взаимным влиянием, что подразумевает рассмотрение и управление им в комплексе. В связи с этим возникают два пути решения данной проблемы. Первый путь связан с использованием более точных математических моделей оборудования НПС, что целесообразно для расчёта оптимального режима двух-трёх станций. Но использование в расчётах большего числа НПС может привести к чрезмерному усложнению или даже невозможности решения задачи. Второй путь подразумевает управление всем участком МН, но с применением более простых математических моделей НПС, что также не позволяет достичь оптимума.

Для решения этого противоречия и повышения качества управления необходимо оптимизировать сам процесс выработки управляющих решений, применяя новые методы, которые позволили бы перевести производственное оборудование в оптимальный режим работы при выполнении планов по транспортировке требуемых объёмов при меньших требуемых ресурсах и энергопотреблении.

Указанные обстоятельства обосновывают актуальность темы настоящей работы, направленной на разработку методики оптимизации многосвязных однотипных объектов и создания на её основе автоматизированной системы оптимизации работы участка МН с применением новых, более совершенных методов управления и реализующих их алгоритмов.

Цель работы – снижение энергопотребления и повышение эффективности работы участка МН за счёт разработки автоматизированной системы определения оптимального режима работы участка магистрального нефтепровода на основе генетических алгоритмов.

Задачи исследования

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Разработка автоматизированной системы определения оптимального режима работы участка магистрального нефтепровода для согласованной и бесперебойной работы управляющих программ центрального диспетчерского пункта (ЦДП), территориального диспетчерского пункта (ТДП) и регионального диспетчерского пункта.

2. Модификация классического варианта генетического алгоритма (ГА) для поиска оптимальных значений рабочих параметров технологического оборудования НПС участка МН, при которых обеспечивается минимально возможное энергопотребление и повышение эффективности работы оборудования станций.

3. Формирование структуры функции пригодности для обеспечения эффективного и надёжного поиска оптимальных режимов работы всей совокупности технологического оборудования участка МН в выбранном диапазоне параметров с учётом физических ограничений технологического оборудования.

4. Создание управляющих алгоритмов и программного обеспечения на их основе, реализующего разработанные подходы и алгоритмы в качестве составной части промышленных SCADA-систем и обеспечение гибкой конфигурации ПО для учёта технологических особенностей объекта управления. Проведение имитационного моделирования работы данных алгоритмов.

Результаты, выносимые на защиту:

1.Методика и концепция построения автоматизированной системы определения оптимального режима работы участка магистрального нефтепровода, позволяющая решать задачу снижения энергопотребления МНА нефтеперекачивающих станций и увеличения ресурса их работы.

2.Методика применения разработанного модифицированного варианта генетического алгоритма (ГА) для нахождения оптимальной комбинации технологических рабочих параметров МНА эксплуатационного участка МН. Обоснование и выбор определённых значений параметров ГА.

3.Структура функции пригодности для обеспечения эффективного и надёжного поиска в выбранном диапазоне параметров МНА с учётом физических ограничений технологического оборудования НПС и линейной части МН.

4.Программное обеспечение имитационного моделирования автоматизированной системы определения оптимального режима работы участка МН. Результаты экспериментальных исследований эффективности генетических алгоритмов в задаче поиска оптимального режима работы участка МН.

Научная новизна результатов

1.Новизна предложенной методики и концепции построения автоматизированной системы определения оптимального режима работы участка МН состоит в том, что объект управления рассматривается как множество однотипных объектов многосвязной системы, характеризующихся большим количеством параметров, что позволяет решать задачу оптимизации режимов работы одновременно для всей совокупности однотипных объектов без чрезмерного её усложнения.

2.Новизна разработанного модифицированного варианта генетического алгоритма состоит в изменении структуры классического варианта ГА, заключающегося в добавлении оператора проверки выполнения условия ограничений работы объекта управления (технологических, физических и других), что позволяет исключать из популяции особи, у которых хотя бы одна хромосома не удовлетворяет данным условиям.

3.Новизна предложенной функции пригодности состоит в учёте свойства лакунарности при неоднородном распределении технологических, физических и других ограничений объекта управления на всём пространстве поиска,

что позволяет решать поставленную задачу оптимизации с помощью разработанного варианта ГА.

Практическая ценность и реализация результатов работы

По результатам выполненных работ разработаны управляющие алгоритмы и компьютерные программы, реализующие работу алгоритмов поиска оптимальных режимов работы участка МН. Данные программы написаны на языке высокого уровня, позволяющего непосредственно внедрять их в качестве составного модуля SCADA-системы. Основные результаты диссертационной работы внедрены на ФГУП НКТЬ "Вихрь". Они применяются в разработке систем управления и оптимизации работы комплексов преобразователей электрической энергии, используемых в работах по проектам строительства газо- и нефтепроводов "Южный поток" и "Сахалин-2".

Апробация работы и публикации

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научно-технических конференциях и семинарах: Всероссийской молодежной научной конференции «Мавлютовские чтения», УГАТУ, г. Уфа, 2007; Международной научно-практической конференции «CSIT` 2008», г. Анталия, 2008.

Основные материалы диссертационной работы опубликованы в 8 источниках, включая 3 статьи в изданиях из перечня, утвержденного ВАК («Научно-технические ведомости СПбГПУ», «Вестник УГАТУ. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика», «Нефтегазовое дело»), материалы двух докладов на научных конференциях и 1 программный продукт, зарегистрированный в Роспатенте.

Объем и структура работы

Диссертационная работа состоит из 155 страниц машинописного текста, включающего в себя введение, четыре главы, заключение, список литературы из 109 наименований и одного приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы ее цель и задачи, отмечаются научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

В первой главе рассмотрена структура объекта управления (эксплуатационного участка магистрального нефтепровода (МН), и в том числе НПС, как его составной части). Сделан анализ известных подходов к решению проблем управления на существующем оборудовании НПС, показаны ограничения на применение этих подходов для решения задачи оптимизации работы эксплуатационного участка МН.

Участок магистрального нефтепровода – это совокупность НПС и соединяющих их отрезков линейной части МН. На каждой НПС установлено до 4-х магистральных насосных агрегатов (МНА), из которых рабочим является один или два. Управление участком МН состоит в задании каждому из них требуемых значений рабочих параметров.

Сложность регулирования режима работы участка МН состоит в том, что МН представляет собой сложную, взаимосвязанную систему. Это означает, что изменение режима работы одного МНА влияет на работу всего участка нефтепровода, что требует согласования их работы. Кроме того, следует отметить, что НПС проектируются таким образом, чтобы наиболее полно использовать пропускную способность нефтепровода. Кроме того, особенностью объекта управления является схожесть характеристик технологического оборудования НПС. Поскольку все НПС работают на общую нагрузку (МН), при наличии сильной обратной связи с регулирующей аппаратурой НПС, возникает возможность представления оборудования НПС, как совокупности однотипных объектов многосвязной системы. По сути, эта совокупность МНА, работающих по всей длине участка МН, представляет собой множество многосвязных однотипных объектов, что требует рассмотрения участка МН в целом и осуществления управления всеми рабочими МНА, учитывая взаимосвязь между ними.

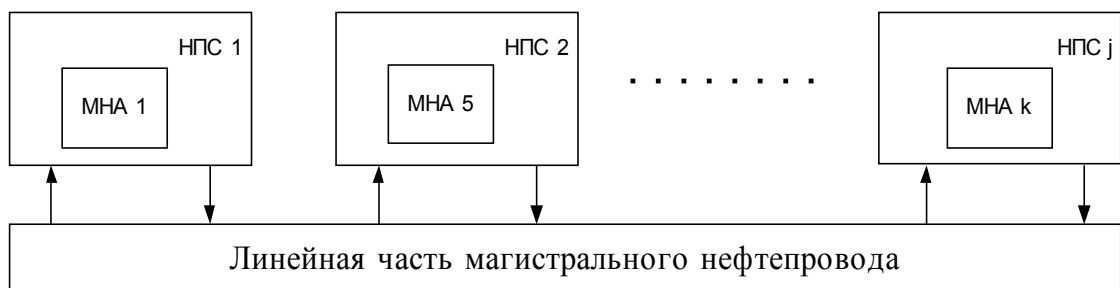


Рисунок 1 – Структура участка МН

Необходимость регулирования режимов работы нефтепровода определяется:

1) переменной загрузкой нефтепровода, которая обусловлена различной закономерностью работы поставщиков нефти, нефтепровода и потребителей;

2) изменением реологических параметров нефти, вследствие сезонного изменения температуры окружающей среды, а также влиянием содержания парафина, воды, растворённого газа и т.п.;

3) изменением характеристик как трубопроводов (внутритрубные отложения, уменьшение толщины стенки вследствие коррозии и т.д.), так и насосных агрегатов (износ движущихся деталей, увеличение объёмных потерь из-за увеличенных зазоров в уплотнительных кольцах и т.д.).

В настоящий момент, не менее 30 % стоимости транспортировки нефти приходится на оплату электроэнергии, потребляемой магистральными насосными агрегатами нефтеперекачивающих станций. Для снижения себестоимости транспорта нефти по магистральным трубопроводам необходимо улучшение технологических режимов перекачки нефти.

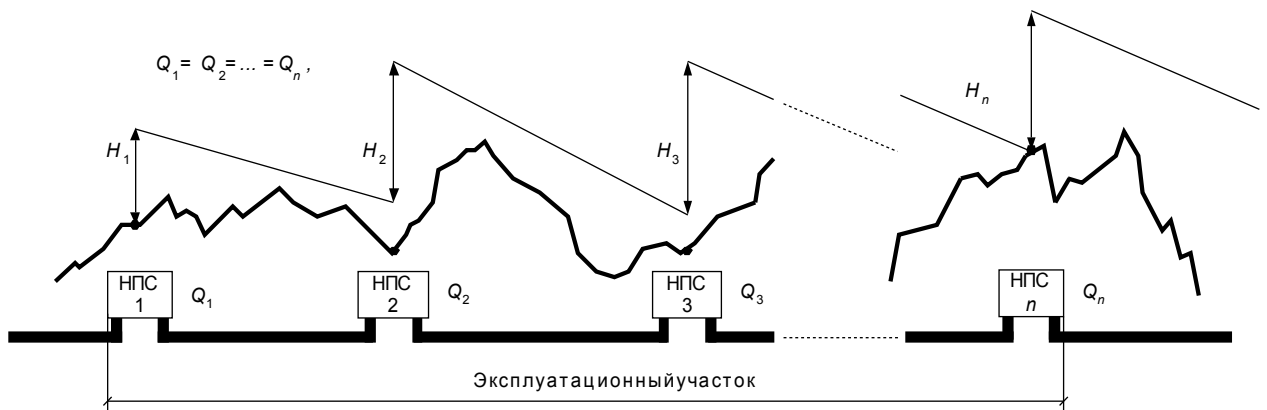


Рисунок 2 – Схематичное изображение напоров на выходах НПС участка МН

Под улучшением технологических режимов автор понимает поиск оптимального режим работы участка магистрального нефтепровода, при котором выполняется плановая транспортировка нефти при минимально возможном суммарном энергопотреблении всех МНА участка. Для этого требуется провести оптимизацию указанных выше режимов и найти такой режим работы МН, при котором энергопотребление всех работающих МНА участка МН минимально. Критерием оптимизации служит выражение

$$E_{\min} = T \cdot \sum_{i=1}^k N_{i_{\min}} \rightarrow \min, \quad (1.1)$$

где E_{\min} – минимум удельной энергии, затрачиваемой на транспорт нефти;

T – время, в течение которого требуется перекачать плановые объёмы нефти;

$N_{i_{\min}}$ – минимально возможное значение мощности i – го МНА;

$i = 1 \dots k$ – номер МНА на участке МН.

Мощность МНА является функцией частоты вращения его вала и описывается выражением

$$N_i = f(n_i) = f(H_i, Q_i, \eta_i, \rho, A), \quad (1.2)$$

где n_i – частота вращения вала соответствующего МНА;

H_i, Q_i, η_i – соответственно напор, подача и полный КПД i – го МНА;

ρ – плотность нефти;

A – поправка, учитывающая влияние как реологических параметров нефти (вязкость и температура, количество содержащейся в ней парафинов и других включений и т.д.), так и внешних параметров агрегата (температура в насосном зале, состояние агрегата и другие).

Следовательно, выражение (1.1) можно записать в виде

$$E_{\min} = T \cdot \sum_{i=1}^m N_{i_{\min}} = T \cdot \sum_{i=1}^m f(n_i, H_i, Q_i, \eta_i, \rho, A) \rightarrow \min. \quad (1.3)$$

Таким образом, задача оптимизации сводится к поиску вектора $n_i = \{n_1, \dots, n_k\}$, который однозначно определяет режим работы МН с минимальным энергопотреблением.

Граничными условиями для данной оптимизации служат технологические ограничения объекта управления по напору, подаче и полному КПД МНА, представленные выражениями

$$H_i \leq H_{\max}, \quad (1.4)$$

$$H_i \geq H_{ПТ}, \quad (1.5)$$

$$H_i - H_{\text{пот}} \geq H_{\text{ст}_{\min}}, \quad (1.6)$$

$$Q_i \geq Q_{\min}, \quad (1.7)$$

$$\eta_i \geq \eta_{\text{задан}}. \quad (1.8)$$

где H_{\max} – максимально допустимое давление в нефтепроводе;

$H_{ПТ}$ – напор на выходе станции, при котором вероятно образование перевальной точки;

$H_{\text{пот}}$ – потери напора в нефтепроводе;

$H_{\text{ст}_{\min}}$ – минимально возможный напор на входе станции;

Q_{\min} – нижний предел производительности нефтепровода, при котором возможно выполнение планов транспорта нефти;

$\eta_{\text{задан}}$ – заданный уровень КПД агрегата.

Кроме того, в главе перечислены основные методы регулирования режима работы магистрального нефтепровода. Там же приведены достоинства и недостатки широко применяемых методов регулирования режимов работы участка магистрального нефтепровода, показана невозможность повышения эффективности работы нынешних НПС с использованием этих методов.

В заключительной части главы сформулированы основные задачи исследования.

Во **второй главе** предложено решение поставленной задачи оптимизации работы эксплуатационного участка МН в виде построения автоматизированной системы определения оптимального режима работы магистрального нефтепровода, осуществлён выбор метода оптимизации и формирование целевой функции. На рисунке 3 показано место данной системы в автоматизированной системе управления магистральными нефтепроводами. Из рисунка видно, что разрабатываемая система является программной надстройкой над существующей системой управления, но непосредственно управлением не занимается, поскольку она оптимизирует рабочий режим для максимально возможного уменьшения энергопотребления.

Важным условием функционирования разработанной автоматизированной системы определения оптимального режима работы участка МН является наличие на НПС частотно-регулируемых приводов (ЧРП), с помощью которых задаётся частота вращения вала МНА. Поскольку в данной работе исследуются вопросы функционирования участка МН в оптимальном режиме и построения системы определения оптимального режима, функционирование МНА и анализ происходящих в них процессов не рассматриваются. Кроме того, рисунок 3 показывает двунаправленный поток данных между разрабатываемой системой и автоматизированными системами управления технологических процессов станций (АСУ ТП).

Восходящий поток данных состоит из входных данных системы определения оптимального режима работы участка МН – значений напора, подачи и КПД насосов H_i, Q_i, η_i , получаемых с помощью измерительной аппаратуры АСУ ТП. Нисходящий поток данных – рассчитанные системой и задаваемые на станциях значения частот вращения валов МНА.

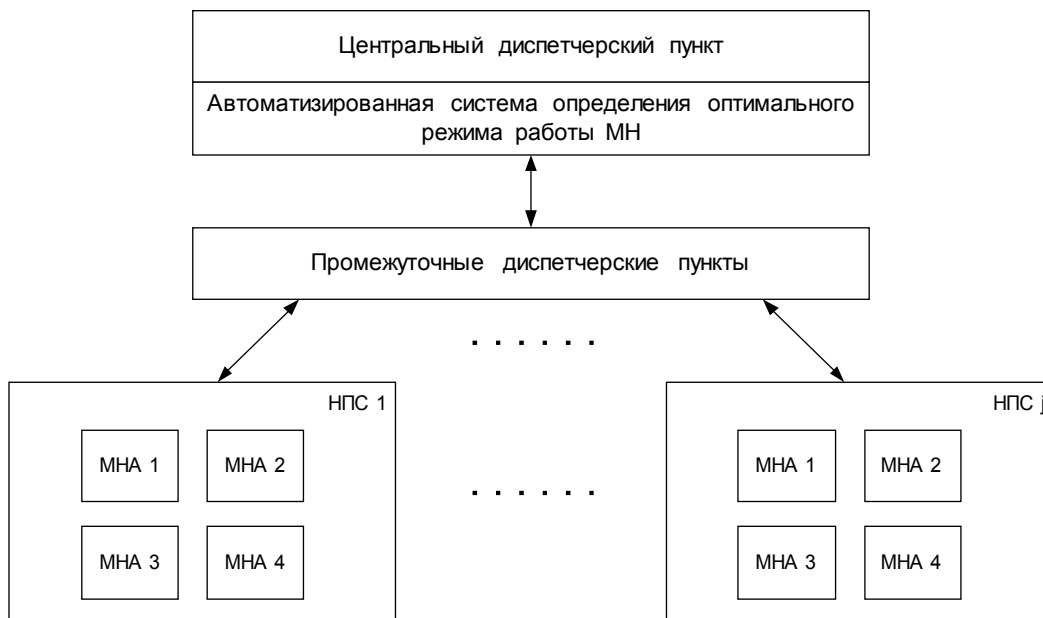


Рисунок 3 – Интеграция разрабатываемой системы в существующую систему управления МН

Основной задачей, решаемой разрабатываемой системой, является поиск массива значений частот вращения валов МНА, представленной вектором $n_i = \{n_1, \dots, n_k\}$, однозначно определяющим режим включенных в работу МНА, начиная с головной станции и заканчивая приёмной, а значит, и режим работы участка МН. Целевая функция представлена суммой мощностей МНА N_i , включенных в работу на участке МН и записана в виде:

$$S = \sum_{i=1}^m N_i = \sum_{i=1}^m \frac{\rho \cdot g \cdot H_i \cdot Q_i}{\eta_i} = \rho \cdot g \sum_{i=1}^m \frac{H_i \cdot Q_i}{\eta_i}, \quad (2.1)$$

где S – минимально возможная мощность, потребляемая всеми магистральными агрегатами, при которой выполняется план по транспорту нефти;

i – количество работающих агрегатов на участке;

N_i – потребляемая от сети мощность МНА;

ρ – плотность перекачиваемой жидкости, т.е. нефти;

g – ускорение свободного падения;

H_i – напор, создаваемый насосом МНА с индексом i ;

Q_i – производительность насоса МНА с индексом i ;

η_i – полный КПД i -го насоса МНА.

Для расчёта требуемых значений подачи насоса МНА Q_i , его напора H_i используются выражения

$$Q = Q_{ном} \cdot \frac{n}{n_{ном}}, \quad (2.2)$$

$$H = H_{ном} \cdot \left(\frac{n}{n_{ном}} \right)^2 = (a - b \cdot Q^2) \cdot \left(\frac{n}{n_{ном}} \right)^2. \quad (2.3)$$

где $Q_{ном}$, $H_{ном}$, $n_{ном}$ – соответственно номинальные (паспортные) значения подачи, напора и частоты вращения вала насоса МНА;

Q, H – расчётные значения подачи и напора насоса МНА;

a, b – коэффициенты аппроксимации, индивидуальные для каждого МНА (процесс их нахождения в данной работе не рассматривается, поскольку используется паспортная напорная характеристика, предоставляемая заводом-изготовителем насоса);

n – заданное значение частоты вращения вала привода МНА.

Расчёт значения полного КПД МНА осуществляется по выражению

$$\eta = \eta_{нас} \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{эд} \approx \eta_{нас} \cdot \eta_{эд}, \quad (2.4)$$

где $\eta_{нас}, \eta_{мех}$ и $\eta_{эд}$ – соответственно КПД центробежного насоса, механической передачи и электрического двигателя, входящих в состав МНА.

В данном выражении КПД механической передачи принят равным единице, поскольку в рабочем диапазоне частот вращения вала его значение находится в районе 0,96...0,98 и изменяется незначительно для требуемой точности расчётов.

Исходя из задач, поставленных в первой главе, и сформированной целевой функции, представленной выражением (2.1), задача оптимизации сводится к минимизации целевой функции, что можно записать, учитывая (2.2) – (2.4), в виде выражения:

$$\begin{aligned} S &= \sum_{i=1}^m N_i = \sum_{i=1}^m \frac{\rho \cdot g \cdot H_i \cdot Q_i}{\eta_i} = \rho \cdot g \sum_{i=1}^m \frac{H_i \cdot Q_{iном} \cdot \frac{n_i}{n_{iном}}}{\eta_i} = \\ &= \rho \cdot g \sum_{i=1}^m \frac{1}{\eta_{iнас} \cdot \eta_{iэд}} \cdot (a - b \cdot Q^3) \cdot \left(\frac{n_i}{n_{iном}} \right)^3 \rightarrow \min. \end{aligned} \quad (2.5)$$

Изменение режимов технологической перекачки и, в особенности, их оптимизация позволит, во-первых, снизить потребление электроэнергии при соблюдении объёмов поставок нефти. Во-вторых, снизить износ основного оборудования за счёт выбора менее напряжённых, с точки зрения работы оборудования, режимов технологической перекачки.

В третьей главе работы описаны особенности применяемого эволюционного метода в рамках поставленной задачи исследования, расписана реали-

зация выбранного метода решения задачи и приведено описание используемых алгоритмов.

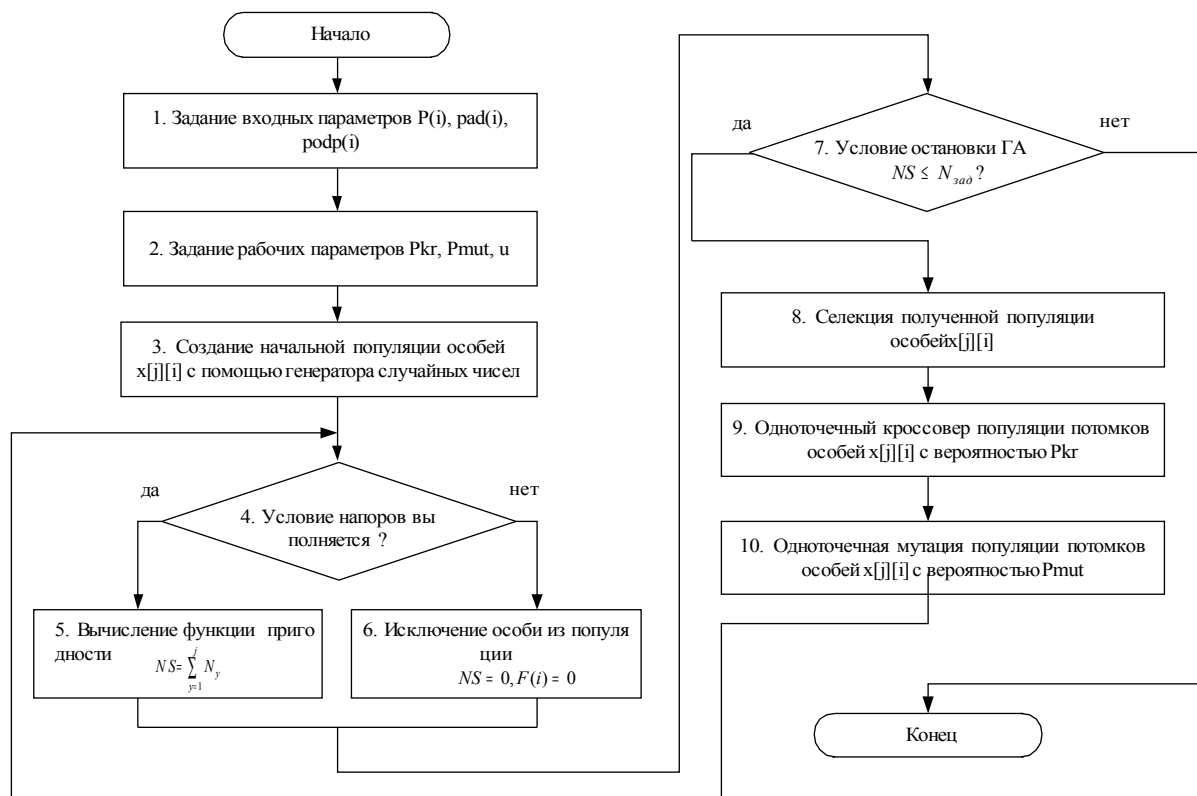


Рисунок 4 – Блок-схема модифицированного генетического алгоритма

Для поиска оптимальных значений n_i следует применить глобальный поисковый метод, позволяющий находить минимум целевой функции на всём пространстве поиска. Особенностью поиска является то, что технологические ограничения делают целевую функцию кусочно-непрерывной, что накладывает свои ограничения на выбор поискового метода. Анализ возможных вариантов позволил выбрать наиболее оптимальный метод – классический вариант генетического алгоритма. Выбор классического варианта ГА был обусловлен следующими факторами: во-первых, он «просматривает» всё пространство поиска, не застревая в локальных экстремумах функций, а во-вторых, с увеличением n-мерности пространства поиска целесообразность его применения возрастает.

Кроме того, в главе приведена структура его хромосом, определена и обоснована размерность популяции, задан критерий остановки алгоритма, а также описаны применяющиеся процедуры кроссовера и мутации как с точки зрения их вида (одноточечный или многоточечный), так и точки зрения последовательности их применения.

В четвертой главе приводится описание разработанного программного обеспечения, которое предназначено для использования в качестве составной части системы управления магистральными нефтепроводами, и также приведены полученные результаты моделирования, проведенного с использованием данных компьютерных программ. Основной функцией указанного программного обеспечения, выполняющего оптимизацию работы эксплуатационного участка магистрального нефтепровода, является расчёт значений частот вращения валов включенных МНА эксплуатационного участка магистрального нефтепровода, соответствующих оптимальному режиму работы магистрального нефтепровода, при помощи генетического алгоритма.

Для проверки выдвинутых гипотез было проведено моделирование работы разработанной автоматизированной системы определения оптимального режима работы магистрального нефтепровода. Поскольку в качестве объекта управления выступает участок магистрального нефтепровода, для корректного моделирования его работы требуется взять простую, но обладающую достаточной точностью модель, позволяющую вычислять значения основных рабочих параметров. В качестве математической модели МНА была использована модель, описанная в трудах А. А. Коршака, А. М. Нечваля и некоторых других, и состоящая из выражений, которые описывают напорную и мощностную характеристики, а также зависимость КПД от частоты вращения вала насоса:

$$H_{jk} = a_{0jk} + a_{1jk} \cdot \left(Q_{ном} \cdot \frac{n}{n_{ном}} \right) + a_{2jk} \cdot \left(Q_{ном} \cdot \frac{n}{n_{ном}} \right)^2 \quad (4.1)$$

$$N_{jk} = \frac{Q_{jk_{ном}} \cdot n_{jk} \cdot \rho \cdot g \cdot H_{jk}}{\eta_{jk_{нас}} \cdot \eta_{jk_{эд}} \cdot n_{jk_{ном}}} \quad (4.2)$$

$$\eta_{эjk} = r_{0jk} + r_{1jk} \cdot \left(\frac{Q_{jk_{ном}} \cdot n_{jk} \cdot \rho \cdot g \cdot H_{jk}}{N_{jk_{эH}} \cdot \eta_{jk_{н}} \cdot n_{jk_{ном}}} \right) + r_{2jk} \cdot \left(\frac{Q_{jk_{ном}} \cdot n_{jk} \cdot \rho \cdot g \cdot H_{jk}}{N_{jk_{эH}} \cdot \eta_{jk_{н}} \cdot n_{jk_{ном}}} \right)^2 \quad (4.3)$$

$$\eta_{эjk} = r_{0jk} + r_{1jk} \cdot \left(\frac{Q_{jk_{ном}} \cdot n_{jk} \cdot \rho \cdot g \cdot H_{jk}}{N_{jk_{эH}} \cdot \eta_{jk_{н}} \cdot n_{jk_{ном}}} \right) + r_{2jk} \cdot \left(\frac{Q_{jk_{ном}} \cdot n_{jk} \cdot \rho \cdot g \cdot H_{jk}}{N_{jk_{эH}} \cdot \eta_{jk_{н}} \cdot n_{jk_{ном}}} \right)^2 \quad (4.4)$$

где $a_{ijk}, k_{ijk}, r_{ijk}$ – коэффициенты аппроксимации полиномов математической модели одного МНА одной насосной станции, индивидуальные для каждого МНА участка МН, находятся любым аппроксимирующим методом;

i – номер параметра МНА;

j – номер МНА в насосном зале;

k – номер НПС или ЛПДС на участке магистрального нефтепровода;

ρ – плотность перекачиваемой нефти;

g – ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м/с}^2$;

h – напор, развиваемый насосом при подаче (производительности) Q ;

$N_{эН}$ – номинальная (паспортная) мощность электродвигателя МНА.

В работе приведены результаты моделирования работы разработанной системы. Показаны зависимости сходимости генетического алгоритма от изменения величины коэффициентов мутации и скрещивания, лежащего в основе работы системы оптимизации. Приведено сравнение с методом прямого перебора, наглядно представлена разница в количестве итераций для метода прямого перебора и для генетического алгоритма с помощью диаграмм, из которых видно, что генетический алгоритм является наиболее предпочтительным с точки зрения затрат времени вычислений.

В итоге рассчитана энергетическая эффективность работы разработанной системы оптимизации. Поскольку метод использует частотно-регулируемые приводы (ЧРП), приведено два варианта расчёта экономической эффективности: с применением ЧРП, и с совместным использованием ЧРП и разработанной автоматизированной системы.

Экономия электроэнергии рассчитывается исходя из представленных выражений:

$$\Delta W = \sum_{i=1}^k \left(\frac{N_{1i}}{\eta_{1i}} - \frac{N_{2i}}{\eta_{2i}} \right) \cdot \Delta t, \quad (4.5)$$

где N_{1i}, N_{2i} – мощности электродвигателя МНА для нерегулируемого и тиристорного электроприводов;

Δt – расчётный временной интервал;

η_{1i}, η_{2i} – КПД электродвигателей МНА для нерегулируемого и тиристорного электроприводов соответственно;

k – количество интервалов дискретного регулирования расхода в течение суток.

Согласно расчётам, количество сэкономленной электрической энергии в первом варианте составляет свыше 20–23% за квартал относительно метода дросселирования, а во втором варианте, составляет 30–35%.

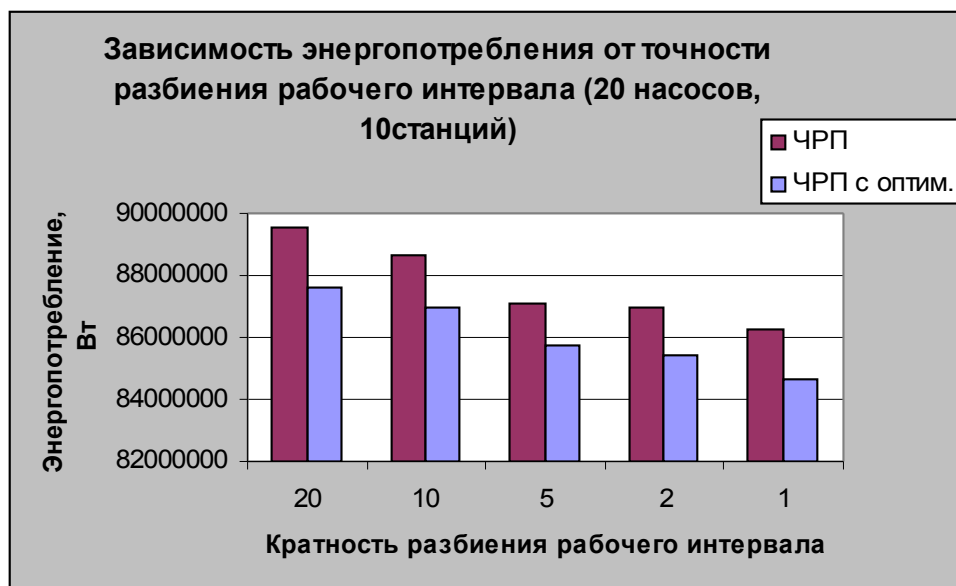


Рисунок 5 – Снижение общего энергопотребления агрегатов с увеличением точности поиска оптимальных значений частот вращения валов МНА

В **заключении** приводятся основные результаты и выводы по диссертационной работе.

В приложении представлены исходные данные для моделирования работы эксплуатационного участка, исходный текст программы моделирования, каталожные (паспортные) параметры центробежных нефтяных насосов и примеры визуализации результатов моделирования компьютерной программой, реализующей работу системы оптимизации.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработана автоматизированная система определения оптимального режима работы участка магистрального нефтепровода для согласованной и бесперебойной работы управляющих программ центрального диспетчерского пункта (ЦДП), территориального диспетчерского пункта (ТДП) и регионального диспетчерского пункта, позволяющая решать задачу снижения энергопотребления МНА нефтеперекачивающих станций и увеличения ресурса их работы.

2. Разработана методика и концепция построения автоматизированной системы определения оптимального режима работы участка МН на основе

рассмотрения объекта управления как множество однотипных объектов многосвязной системы, характеризуемых большим количеством параметров.

3. Разработан модифицированный вариант генетического алгоритма (ГА) для поиска оптимальных значений рабочих параметров технологического оборудования НПС участка МН. Обоснован выбор определённых значений параметров ГА.

4. Сформирована структура функции пригодности для обеспечения эффективного и надёжного поиска оптимальных режимов работы всей совокупности технологического оборудования участка МН в выбранном диапазоне параметров с учётом технологических, физических и других ограничений.

5. Выявлен лакунарный характер функции пригодности при неоднородном распределении технологических, физических и других ограничений. Показано, что при этом задача оптимизации решается на всём пространстве поиска с помощью разработанного варианта ГА.

6. Создано программное обеспечение, реализующее работу автоматизированной системы определения оптимального режима работы участка магистрального нефтепровода в качестве составной части SCADA-системы.

В процессе моделирования работы системы получена оценка экономической эффективности: экономия электрической энергии без использования ЧРП составила 20–23% за квартал, с использованием ЧРП на уровне 3–5%.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

В рецензируемых журналах из списка ВАК

1. Оптимизация работы участка магистрального нефтепровода на основе генетического алгоритма / Р. Р. Гафаров, О. Е. Данилин, А. А. Шуляк // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2008. № 3 . С. 234 – 240.

2. Оптимизация работы нефтеперекачивающих станций с применением генетического алгоритма / Ю. М. Гусев, Р. Р. Гафаров, О. Е. Данилин // Вестник УГАТУ : науч. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика. 2008. №1(28). Т. 11. С. 43–52.

В рецензируемых журналах из списка ВАК по смежным специальностям

3. Двухуровневая система оптимизации работы нефтеперекачивающих станций на участке магистрального нефтепровода / Р. Р. Гафаров, О. Е. Данилин // Нефтегазовое дело. 2008. №2 . Т. 6. С. 105 – 112.

В других изданиях

4. Многомодульный формирователь напряжения с оптимально изменяемой структурой / Р. Р. Гафаров, О. Е. Данилин // Электромеханика, электротехнические комплексы и системы : Науч. издание, межвуз. науч. сб. Уфа : УГАТУ, 2006. С. 97 – 101.

5. Применение генетического алгоритма в системе управления модульными преобразователями энергии / Б. И. Бадамшин, Р. Р. Гафаров, О. Е. Данилин // Вычислительная техника и новые информационные технологии : Межвуз. науч. сб. Уфа : УГАТУ, 2007. Вып. 6. С. 108 – 114.

6. Использование интеллектуальных методов в системе управления нефтеперекачивающей станцией / Ю. М. Гусев, Р. Р. Гафаров // Электроника, автоматика и вычислительная техника : Межвуз. науч. сб. Уфа : УГАТУ, 2007. С. 73 – 77.

7. Применение генетического алгоритма в системе управления нефтеперекачивающими станциями / Р. Р. Гафаров // Мавлютовские чтения : Всерос. молодежн. науч. конф. Уфа : УГАТУ, 2007. Т. 3. С. 7 – 9. (на англ. языке)

8. Применение интеллектуальных методов управления для оптимизации работы нефтеперекачивающих станций магистрального нефтепровода / Y. M. Gusev, R. R. Gafarov, O. E. Danilin // Proceedings of the Workshop on Computer Science and Informational Technologies (CSIT` 2008). Antalya, Turkey, 2008. Vol. 1. P. 192 – 196.

9. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2008615631. Моделирование системы управления преобразователем электрической энергии матричного типа (МСУ ПЭЭ МТ) / Р. Ш. Сакаев, Э. Р. Султанов, Б. И. Бадамшин, О. Е. Данилин, Р. Р. Гафаров. М. : Роспатент, 2008.

ГАФАРОВ Радик Русланович

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНО-
ГО РЕЖИМА РАБОТЫ УЧАСТКА
МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА

Специальность:

05.13.06 – Автоматизация и управления технологическими
процессами и производствами (в промышленности)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 30.01.2009 Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman Суг.

Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.-отт. 1,0. Уч. изд. л. 1,0.

Тираж 100 экз. Заказ № 18

ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет
Центр оперативной полиграфии УГАТУ
450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12