

На последнем этапе проведены испытания в статическом режиме, которые подтвердили достаточность заложенного запаса прочности элементов редуктора.

Сравнение с аналогами и перспективы

Полученный нами опыт позволит заключить, что неортогональные червячные передачи являются вполне конкурентоспособными в низкоскоростных тяжелонагруженных приводах арматуры, обеспечивая ряд преимуществ перед аналогами. В частности, в сравнении с упомянутым выше редуктором Auma GS 315 обеспечивается более чем полуторакратное снижение массы (с 520 до 330 кг). При этом в большей степени получаемые преимущества проявляются при меньших передаточных отношениях. Вместе с тем следует признать, что при межосевых углах меньше 90° несколько падает КПД червячных передач и редукторов.

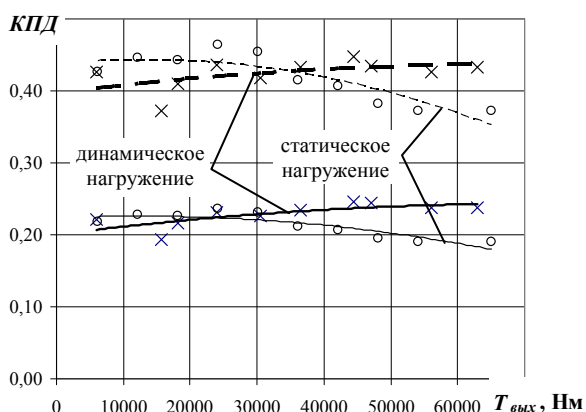


Рис. 6. Результаты измерения КПД редуктора: «—» — редуктор в целом, «- -» — вторая ступень (оценка)

E. S. Trubachev, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
A. S. Kuznetsov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
V. Yu. Puzanov, PhD in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

New type of worm gearbox

The paper presents the results of designing and testing the non-orthogonal heavy-loaded low-speed worm gearbox. Comparison with its orthogonal analog is given.

Keywords: worm gearbox, choice of parameters, load state evaluation.

Получено: 15.08.14

УДК 681.513.1

А. Н. Шельяков, кандидат технических наук, доцент
 Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ В НАКОПИТЕЛЬНОЙ ЕМКОСТИ СЕПАРАТОРА

Представлена реализация метода имитационного моделирования процесса регулирования уровня жидкости в накопительной емкости газожидкостного сепаратора, использованного при его проектировании. Рассмотрена схема сепаратора, особенности его работы и проблемы проектирования. Предложен алгоритм моделирования процесса работы сепаратора с регулированием уровня при помощи трехпозиционного регулятора, на основе которого разработана программа моделирования в среде DELPHI. Показаны некоторые результаты исследования параметров и режимов работы сепаратора, полученные с применением разработанной программы.

Ключевые слова: моделирование, процесс регулирования уровня жидкости, газожидкостный сепаратор, алгоритм моделирования процесса работы сепаратора, трехпозиционный контроллер, программа моделирования в среде DELPHI.

Библиографические ссылки

1. Назаренко Л. И. Сравнительное исследование группы зацеплений, примыкающих к червячной передаче : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Л., 1963. – 18 с.
2. Устиновский Е. П. Исследование неортогональных червячных передач с архимедовым червяком : дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 1972. – 178 с.
3. Коростелев Л. В., Балтаджи С. А., Лагутин С. А. Червячные передачи с двумя зонами зацепления // Теория передач в машинах : сб. науч. тр. – М., 1973. – С. 15–19.
4. Балтаджи С. А. Оптимизационный синтез неортогональных червячных передач // Известия вузов. Машиностроение. – 1981. – № 23. – С. 40–43.
5. Литвин Ф. Л. Теория зубчатых зацеплений. – М. : Наука, 1968. – 584 с.
6. Трубочёв Е. С., Пузанов В. Ю. Новые свойства неортогональных червячных передач // Теория и практика зубчатых передач и редукторостроения : тр. науч.-техн. конф. – Ижевск, 2008. – С. 240–244.
7. Goldfarb V. I., Trubachev E. S., Puzanov V. Yu. New possibilities of non-orthogonal worm gears // Proceedings of the 3rd International Conference "Power Transmissions 09". Greece, Chalkidike, 2009. – P. 139–145.
8. Трубочёв Е. С., Пузанов В. Ю. Указ. соч.
9. Goldfarb V. I., Trubachev E. S., Puzanov V. Yu. Op. cit.
10. URL: http://auma.com/uploads/media/sp_import2/technische_daten/getriebe/schwenkgetriebe/td_gs0_315_500_sphaero_en.pdf.
11. Трубочёв Е. С., Пузанов В. Ю. Указ. соч.
12. Goldfarb V. I., Trubachev E. S., Puzanov V. Yu. Op. cit.
13. Трубочёв Е. С., Пузанов В. Ю. Указ. соч.
14. Goldfarb V. I., Trubachev E. S., Puzanov V. Yu. Op. cit.

В настоящее время для измерения дебита нефтяных скважин применяются групповые замерные установки (ГЗУ), в которых используется метод раздельного измерения расхода газа и жидкости (нефти). Для разделения поступающей от скважины газожидкостной смеси на газовую и жидкостную составляющие применяются сепарационные установки, которые должны обеспечить подачу жидкости на жидкостной расходомер, а газа – на газовый, не допуская попадания газа в жидкостную линию, и наоборот. При этом сепараторы оснащаются автоматическими устройствами поддержания уровня жидкости в накопительной емкости в пределах определенного диапазона, не выходящего за габариты емкости.

Наиболее часто применяют установки с разделительными и накопительными емкостями, в которых накапливается жидкость и периодически при достижении верхнего установленного уровня производится слив ее на измерительный расходомер до момента достижения нижнего установленного уровня. Также применяется способ постоянного регулирования уровня за счет изменения расхода жидкости, отводимой от накопительной емкости на измерительный расходомер.

При создании сепарационных установок возникает необходимость определения их работоспособности при определенных параметрах поступающей на вход газожидкостной смеси: расхода смеси, газового фактора и др. Учитывая высокую сложность и стоимость конструкции сепарационных установок, актуальным является получение сведений об их работоспособности путем имитационного моделирования с использованием математической модели, что позволяет провести исследования процесса работы установки и определить ее габаритные размеры и режимы работы в зависимости от параметров газожидкостной смеси, поступающей от нефтяной скважины.

На рис. 1 представлена схема сепарационной установки и элементов регулирования уровня. Установка содержит разделительную емкость 1 с подводным патрубком 2 и расположенную под ней вертикальную накопительную емкость 3. В верхней части разделительной емкости 1 расположен газовый отводящий трубопровод 4, а в нижней части накопительной емкости 3 – жидкостной трубопровод 5. В накопительной емкости 3 установлен датчик 6 уровня жидкости. На отводящем жидкостном трубопроводе 5 установлена управляемая заслонка 7, управляемая регулятором 8 и регулирующий расход жидкости, отводимой из накопительной емкости 3 на жидкостной расходомер 9.

Работа установки осуществляется следующим образом. Первоначально задается средний уровень жидкости в накопительной емкости H_3 и диапазон допускаемых отклонений уровня жидкости от заданного значения dH_3 .

Установлено, что при нахождении уровня жидкости в диапазоне $H_3 \pm dH_3$ регулятор 8, построенный по трехпозиционной схеме, не управляет заслонкой 7. При превышении верхнего уровня жидкости $H_3 + dH_3$

заслонка 7 открывается, а при снижении ниже уровня $H_3 - dH_3$ – закрывается. Величина диапазона dH_3 позволяет регулировать частоту воздействий регулятора на заслонку, т. е. с увеличением диапазона dH_3 снижается частота воздействий регулятора на заслонку, увеличивая ее срок службы. Однако при слишком большом диапазоне возможно попадание газа в жидкостную линию и наоборот.

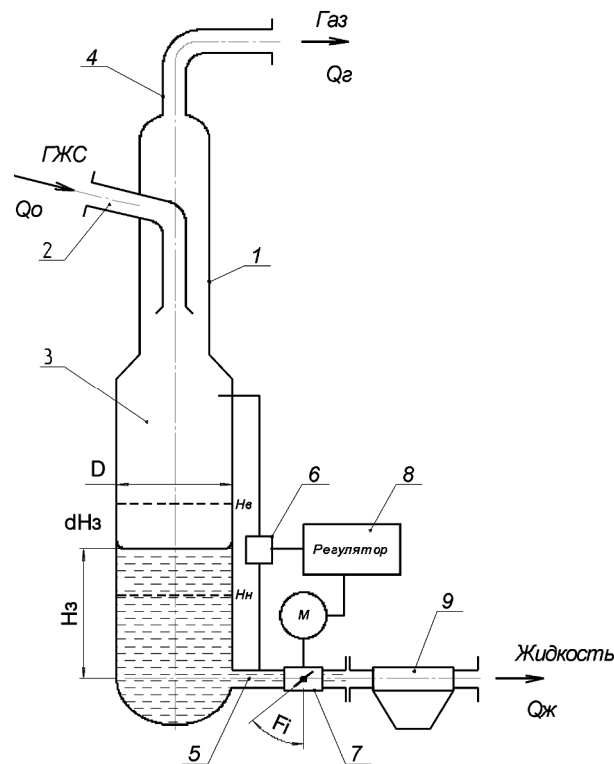


Рис. 1. Схема сепарационной установки

Определение величины dH_3 является одной из задач имитационного моделирования.

В процессе работы сепарационной установки газожидкостная смесь поступает по трубопроводу 2 в разделительную емкость 1, где происходит отделение жидкости от газа, который отводится по трубопроводу 4. Жидкость поступает в накопительную емкость 3. Уровень жидкости контролируется датчиком 6. При нахождении уровня жидкости ниже $H_3 - dH_3$ регулятор с определенной скоростью w закрывает заслонку 7. Уровень жидкости начинает увеличиваться и при достижении его значения $H_3 + dH_3$ происходит отключение привода заслонки, которая останавливается в определенном положении, обеспечивая определенный расход жидкости $Q_ж$, отводимой из емкости по трубопроводу 5 на измеритель расхода 9. Вследствие запаздывания системы уровень жидкости продолжает увеличиваться, и при достижении значения $H_3 + dH_3$ регулятор начинает открывать заслонку. При этом первоначально уровень жидкости продолжает увеличиваться, но затем при определенном положении заслонки начинает падать и при достижении значения $H_3 + dH_3$ происходит отключение привода заслонки. В дальнейшем цикл повторяется.

В соответствии с описанным циклом составлен алгоритм ее работы, приведенный на рис. 2.

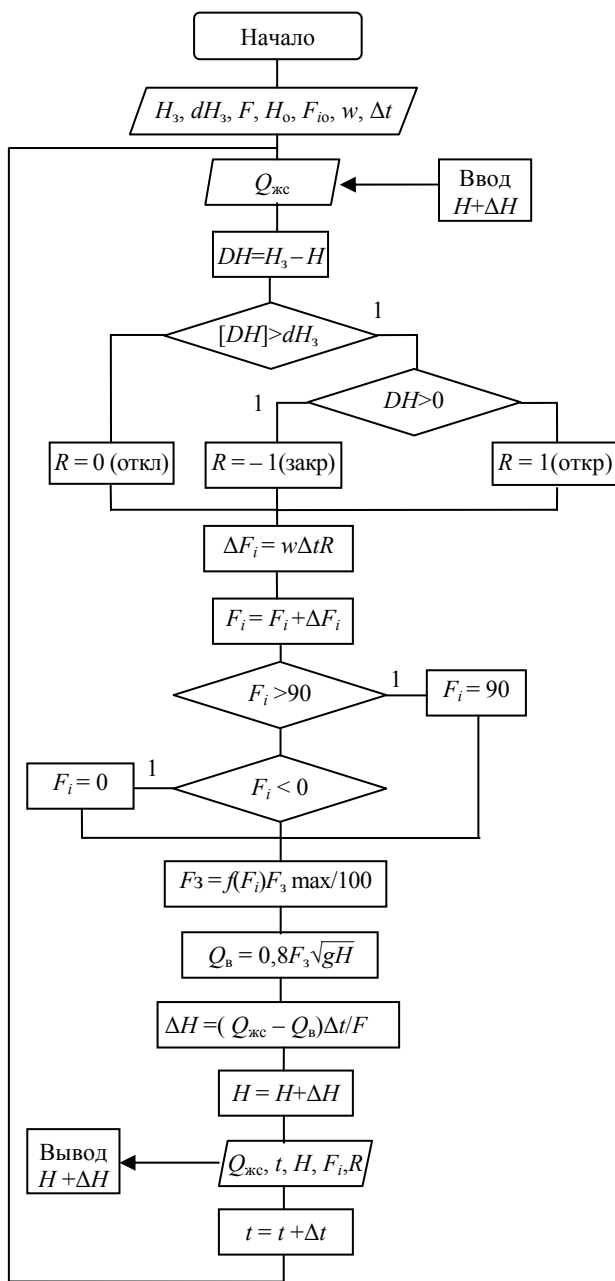


Рис. 2. Алгоритм моделирования изменения уровня в накопительной емкости сепаратора

Переменные, использованные в алгоритме, приведены в нижней части рисунка. Алгоритм предусматривает следующую последовательность выполнения действий и вычислений во времени через интервалы Δt :

– первоначально производится установка постоянных и назначений параметров системы, представленных в первом блоке;

– затем производится задание расхода жидкости на входе в сепаратор $Q_{жс}$, которое может изменяться в любой момент времени;

– определяется величина отклонения уровня от заданного DH ;

– производится сравнение отклонения DH с заданным dH_3 , и формируется воздействие на двигатель заслонки R ;

– производится определение приращения угла поворота заслонки за время Δt и определяется его текущее значение F_i ;

– с использованием функции площади проходного сечения заслонки от угла поворота заслонки F_i производится вычисление ее площади F_3 ;

– затем определяется расход через заслонку $Q_{в}$, изменение уровня ΔH и его текущая величина H ;

– полученные параметры записываются в массив и выводятся на регистрацию;

– затем производится приращение времени и цикл повторяется.

На основе разработанного алгоритма в среде DELPHY разработана программа для проведения исследований работоспособности сепарационной установки. Программа предусматривает ввод начальных параметров процесса управления и входных условий, а также наглядное отражение важнейших величин в графическом виде. Интерфейс программы представлен на рис. 3.

Как показали проведенные исследования, в зависимости от параметров системы в процессе работы установки возможны различные режимы.

1. Автоколебательный режим, при котором происходит постоянное колебательное изменение уровня жидкости в накопительной емкости, представлен на рис. 4.

2. Колебательный с автостабилизацией, при котором через некоторое количество затухающих колебаний уровня происходит его стабилизация на определенном значении внутри диапазона $H_3 \pm dH_3$. Этот режим наступает при определенном положении заслонки и гидростатическом давлении уровня, обеспечивающем равенство расхода жидкости, выделяющейся из поступающей на вход газожидкостной смеси, и расхода, отводимого от накопительной емкости на измеритель расхода. Характер режима представлен на рис. 3.

Результаты проведенных исследований с применением представленной программы позволили определить оптимальные режимы работы регулятора при определенных параметрах газожидкостной смеси, поступающей на вход установки, и геометрических параметрах накопительной емкости сепаратора.

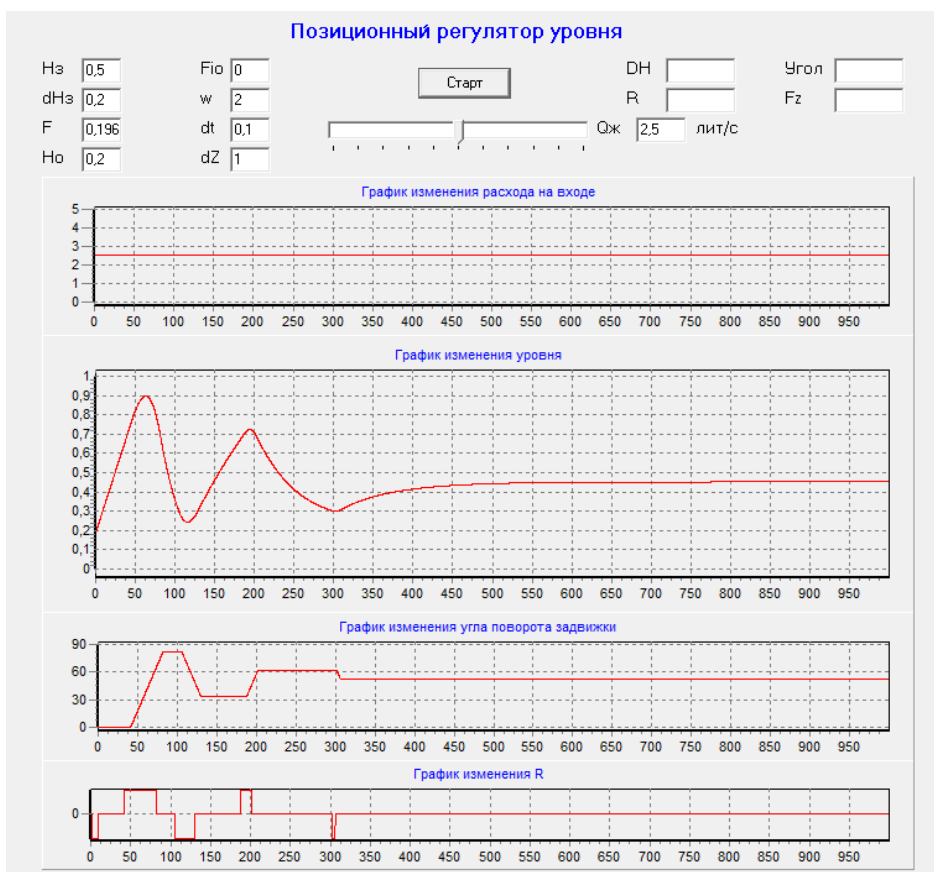


Рис. 3. Интерфейс программы имитационного моделирования рабочего процесса сепарационной установки (режим автостабилизации)

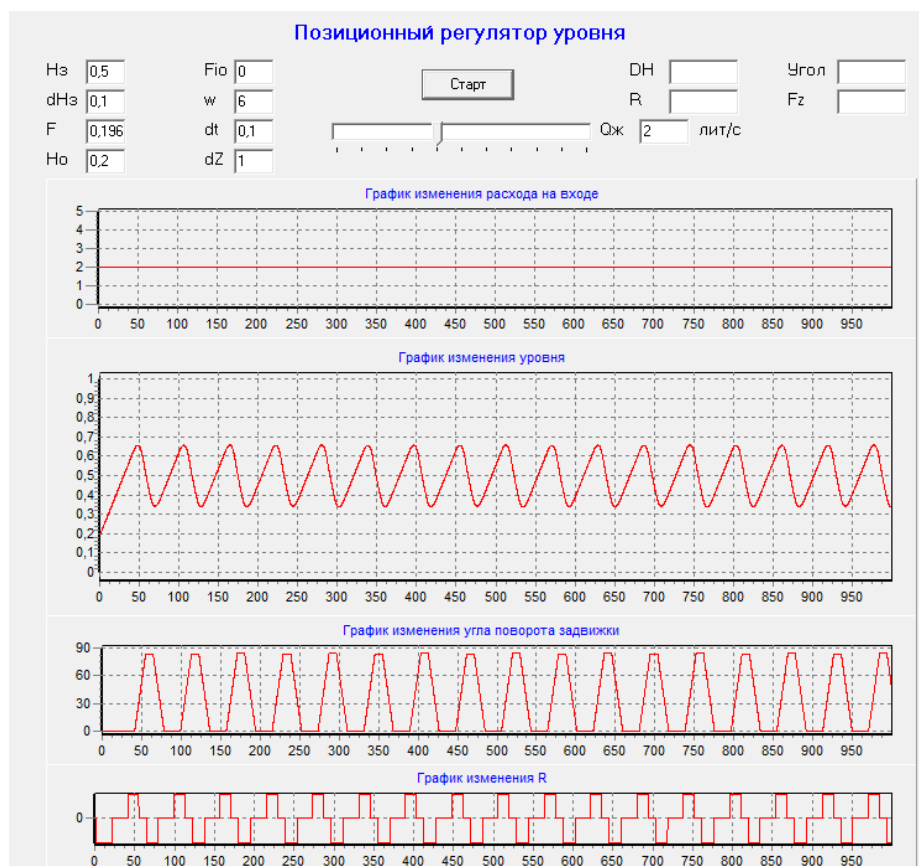


Рис. 4. Характер изменения уровня в режиме автоколебаний

* * *

A. N. Shelpyakov, PhD in Engineering, Associate Professor, Votkinsk Branch of Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Simulation of the process of liquid level control in the separator storage tank

The paper presents implementation of the simulation method for the process of liquid level control for the storage tank of a gas-liquid separator used in its design. The separator scheme, its operating features and design problems are considered. The algorithm is proposed for the separator operating process simulation with controlling the liquid level by a three-position controller, on its basis the simulation program in DELPHI was developed. Some investigation results are shown for parameters and modes of separator operation obtained by the developed program.

Keywords: simulation, process of liquid level control, gas-liquid separator, simulation algorithm of the separator operating process, three-position controller, DELPHI simulation program.

Получено: 10.11.14

УДК 621.923.01

С. А. Шляев, доктор технических наук
Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ БУНТОВОЙ ПРОВОЛОКИ НА УСТРОЙСТВЕ РОТАЦИОННОГО ЛЕНТОЧНОГО ОХВАТЫВАЮЩЕГО ШЛИФОВАНИЯ

В работе представлена схема процесса обработки бунтовой проволоки на устройстве ротационного ленточного охватывающего шлифования. В предлагаемой схеме процесса с учетом конструктивных особенностей оборудования выделяются основные подсистемы – кинематическая, динамическая и теплофизическая.

Ключевые слова: машиностроение, шлифование, абразивная лента, математическое моделирование.

Учитывая современные тенденции развития машиностроения, можно указать следующие основные пути усовершенствования обработки резанием: интенсификация процессов резания, освоение обработки новых материалов; повышение точности и качества обработки; автоматизация и механизация.

Одним из современных высокопроизводительных способов удаления дефектного слоя с длинномерных нежестких заготовок – мелкогабаритного проката, труб, катанки, проволоки – является способ ротационного ленточного охватывающего шлифования бесконечной лентой [1, 2]. Процессы шлифования характеризуются непрерывными динамическими изменениями условий взаимодействия абразивного инструмента с заготовкой в зоне резания, которые в целом характеризуют стабильность процесса обработки во времени, что сказывается на качественных характеристиках поверхностного слоя обрабатываемой заготовки.

Интенсивность теплового и силового воздействия зависит от свойств формообразующего инструмента, свойств технологической системы и условий обработки. Сложность взаимных связей параметров процесса шлифования бунтовой проволоки и сопровождающих его явлений служат причиной недостаточно полного его математического моделирования в настоящее время.

Традиционная схема процесса механической обработки длинномерных цилиндрических деталей объединяет первичные, вторичные параметры и непосредственно процесс резания (рис. 1).

Первичные параметры характеризуют технологическую систему: станок – приспособление – инструмент – заготовка (систему СПИЗ); вторичные – технологические показатели: точность и качество обработанной поверхности, стойкость и прочность инструмента, производительность и экономичность процесса. Сам процесс обработки включает различные физические явления и процессы его сопровождающие – кинематические, динамические, тепловые, контактные и т. д. [3].

Любой процесс обработки протекает нестабильно вследствие изменения припуска, физико-химических свойств обрабатываемой заготовки, износа режущих элементов, деформации системы СПИЗ и других факторов. Как правило, регулятором процесса обработки являются режимы резания – скорость, подача, глубина. В совокупности с рациональными конструктивными и геометрическими параметрами режущего инструмента оптимальные режимы резания обеспечивают наиболее производительную и экономичную обработку заготовок с заданными точностными и качественными характеристиками обработанной поверхности. Многофакторность процесса обработки, тесная взаимосвязь явлений, его составляющих, свидетельствуют об отсутствии единственного и универсального критерия оптимизации.

В предлагаемой схеме обработки бунтовой проволоки выделяются, в сравнении с традиционной, основные подсистемы – кинематическая, динамическая и теплофизическая, во многом определяющие технологические показатели (рис. 2).