диапазоне до 100 кГц относительная погрешность определения индуктивности составляет не более 0,3%, активного сопротивления – 8,65%, что соответствует классу точности использованных измерительных приборов;
- метод позволяет получать информативную характеристику в виде частотных зависимостей активного сопротивления и индуктивности; это дает возможность выбрать диапазон частот, в котором мешающее влияние распределенной емкости незначительное, а также найти оптимальную частоту, при которой добротность индуктивности максимальна;
- дальнейшее повышение точности определения действительных значений составляющих индуктивного импеданса возможно при условии проведения анализа эквивалентной схемы измерительной цепи, учитывающей шунтирующее влияние распределенной емкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Измерения в электронике: Справочник [Текст] / В.А. Кузнецов, В.А. Долгов, В.М. Колесник и др. / Под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 512 с.
2. Круг, К.А. Основы электротехники. Теория переменных токов [Текст] / К.А. Круг. – М.-Л.: Государственное энергетическое издательство, 1946. – 635 с.

УДК 681.51

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЯЖЕЛОСРЕДНЫХ УСТАНОВОК УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ КАК ОБЪЕКТОВ С РЕЦИКЛОМ[2]

А.В. Циряпкина[1], Л.П. Мышляев[2], К.А. Ивушкин[3]
[1]аспирант кафедры автоматизации и информационных систем, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Кемеровская обл., Россия, e-mail: asya1990_90@mail.ru
[2]доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации и информационных систем, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Кемеровская обл., Россия, e-mail: nicsu@ngs.ru
[3]кандидат экономических наук, заместитель генерального директора, ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия, e-mail: info@oksshs.ru

Аннотация. Даны особенности комплексов тяжелосредных сепараторов и гидроциклонов углеобогащения как объектов управления с рециклом. Приведены структурные схемы систем управления, результаты модельных и натурно-модельных исследований.

[2] Работа выполнена в рамках Гранта РФФИ № НК 15-07-01972\15

Ключевые слова: углеобогащение, объекты с рециклом, тяжелосредные сепараторы, тяжелосредные гидроциклоны, математическая модель объекта управления, система автоматического регулирования.

AUTOMATION HEAVY MEDIUM COAL PREPARATION PLANTS AS OBJECTS RECYCLE

Anastasia Tsiryapkina[1], Leonid Myshlaev[2], Konstantin Ivushkin[3]

[1]Postgraduate student of automation and information systems department, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Siberian State Industrial University", Novokuznetsk, Kemerovo region, Russia, e-mail: asya1990_90@mail.ru

[2]Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of automation and information systems, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Siberian State Industrial University", Novokuznetsk, Kemerovo region, Russia, e-mail: nicsu@ngs.ru

[3]Ph.D. in Economic Sciences, Deputy general director, United Company “Sibshakhtostroi” Ltd., City of Novokuznetsk, Russia, e-mail: info@oksshs.ru

Abstract. Complexes are particularly heavy medium separators and cyclones as coal preparation facilities management recycle. The diagram of a control system, the results of model and full-scale-model studies.

Keywords: coal washing, objects with recycled, heavy medium separators, hydrocyclones heavy medium, mathematical model of control object, the automatic control system.

Введение. Многие современные технологии базируются на использовании внутренних технологических положительных обратных связях (рециклах), что обеспечивает быстродействие, экономичность, более глубокую обработку сырья и т.д. [1,2] К такому классу объектов относятся технологические комплексы обогащения углей класса 0-13 на тяжелосредных установках. Но алгоритмизация управления объектами с рециклом находится в начальной стадии, и необходимо развитие методов, общих структур алгоритмов и систем управления с примерами их исследования и применения.

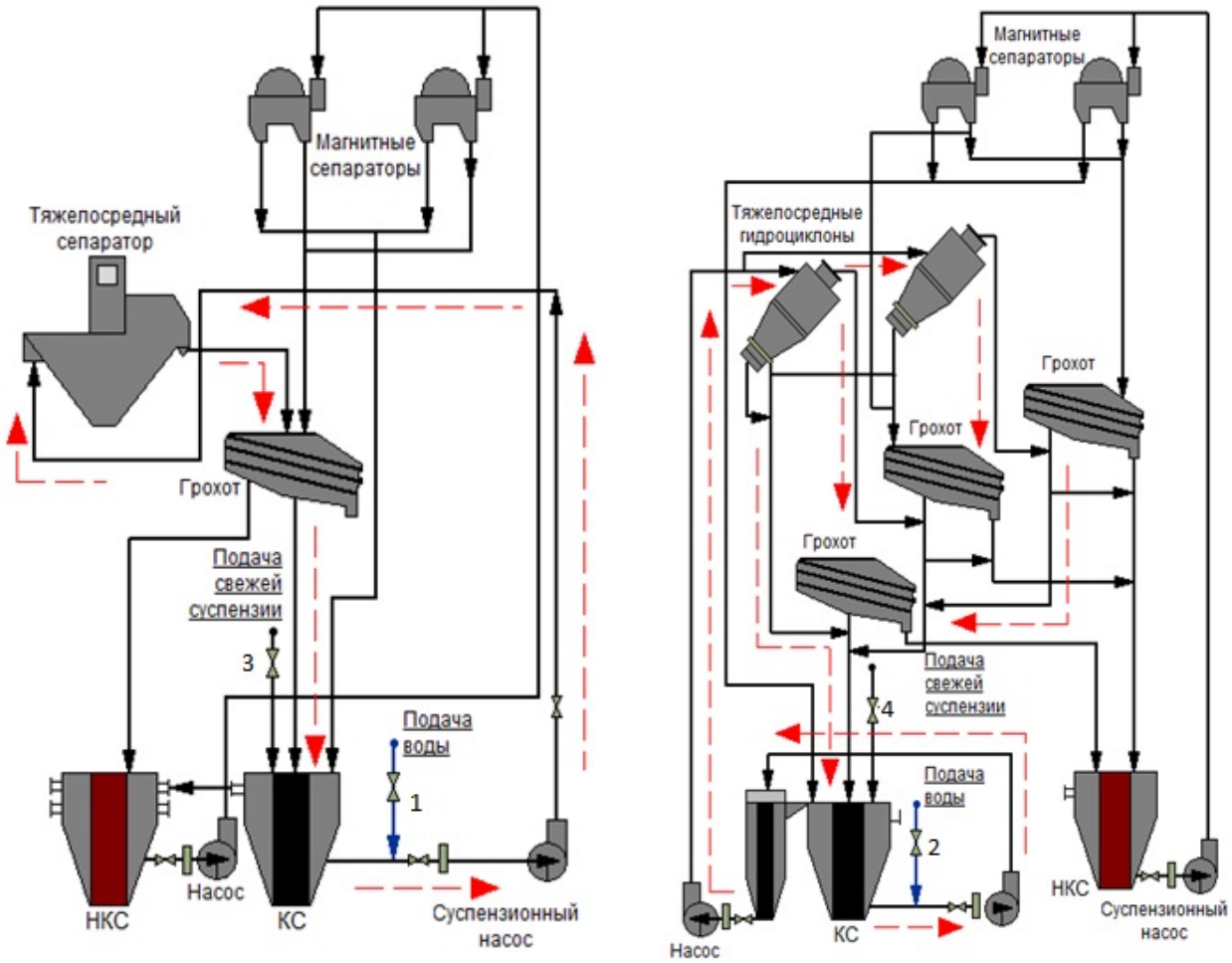
Цель работы. Развитие и исследование систем управления тяжелосредными сепараторами и гидроциклонами углеобогащения для условий двухстадийного обогащения рядовых углей.

Примеры технологических схем двухстадийного обогащения углей представлены на рисунке 1.

Материал и результаты исследований. Особенностью объекта управления при регулировании плотности суспензии, помимо положительных обратных связей, является наличие двух управляющих входов объекта управления: расход воды и расход свежей суспензии. Для регулирования расхода воды используются задвижки с пневмоприводами поз. 1 и 2 на ри-

сунке 1, для регулирования расхода свежей кондиционной суспензии – задвижки поз. 3 и 4 на рисунке 1. Средний расход суспензии, поступающей в контур рециркуляции с делителей потоков и грохотов, составляет около 70% от общего расхода рабочей суспензии.

Структура математической модели возмущенного движения [2] объекта управления с рециклом при регулировании плотности суспензии представлена на рисунке 2.



а) *б)*

Рисунок 1 – Технологическая схема двух стадий обогащения: а) на комплексе тяжелосредного сепаратора и б) на комплексе тяжелосредных гидроциклонов:

НКС – зумпф некондиционной суспензии, КС – зумпф кондиционной суспензии. Пунктирной линией со стрелками на рисунке 1 обозначены контуры рециркуляции.

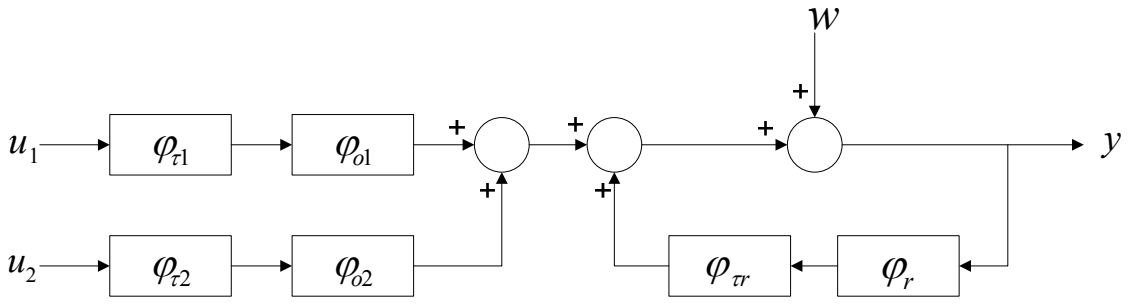


Рисунок 2 – Структура математической модели возмущенного движения объекта управления:

u_1 – первое управляющее воздействие: положение регулирующего органа, управляющего расходом воды; u_2 – второе управляющее воздействие: положение регулирующего органа, управляющего расходом свежей кондиционной суспензии; w – эквивалентное неконтролируемое возмущение; y – выходное воздействие: рабочая плотность магнетитовой суспензии; $\varphi_{o1}, \varphi_{o2}$ – операторы объекта прямой цепи и φ_r – оператор цепи рецикла без учета запаздываний; $\varphi_{\tau 1}, \varphi_{\tau 2}, \varphi_{\tau r}$ – операторы запаздывания в прямой цепи и в цепи рецикла.

Операторы φ конкретизированы в виде: $\varphi_{o1}(S) = \frac{k_{o1}}{T_{o1}S+1}$; $\varphi_{o2}(S) = \frac{k_{o2}}{T_{o2}S+1}$; $\varphi_r(S) = \frac{k_r}{T_rS+1}$;$\varphi_{\tau 1} = e^{-\tau_1 S}$; $\varphi_{\tau 2} = e^{-\tau_2 S}$; $\varphi_{\tau r} = e^{-\tau_r S}$, где k_{o1}, k_{o2}, k_r – коэффициенты передачи, T_{o1}, T_{o2}, T_r – постоянные времени, τ_1, τ_2, τ_r – время запаздывания в первом и втором каналах управления и в канале рецикла соответственно.

Для управления объектом с такой структурой в традиционно применяемый алгоритм регулирования объектов с запаздыванием [3] были введены следующие дополнительные операции.

1. Расчетная компенсация эффектов влияния цепи рецикла на регулируемую выходную переменную.

2. Расчет эквивалентного управляющего воздействия по каналу управления с наименьшим запаздыванием, соответствующего совокупному эффекту управляющих воздействий по двум каналам.

3. Расчетное оценивание неконтролируемого возмущения объекта, приведенного ко входу канала управления с наименьшим запаздыванием.

4. Экстраполяция траектории приведенного неконтролируемого возмущения на интервал от до $(t + \tau_1)$. Расчет управляющего воздействия u_2 по каналу с наибольшим запаздыванием.

5. Расчет управляющего воздействия по каналу с наименьшим запаздыванием u_1 с исключением эффектов изменения u_2.

Система регулирования плотности магнетитовой суспензии с введенными дополнительными функциями представлена на рисунке 3 [4].

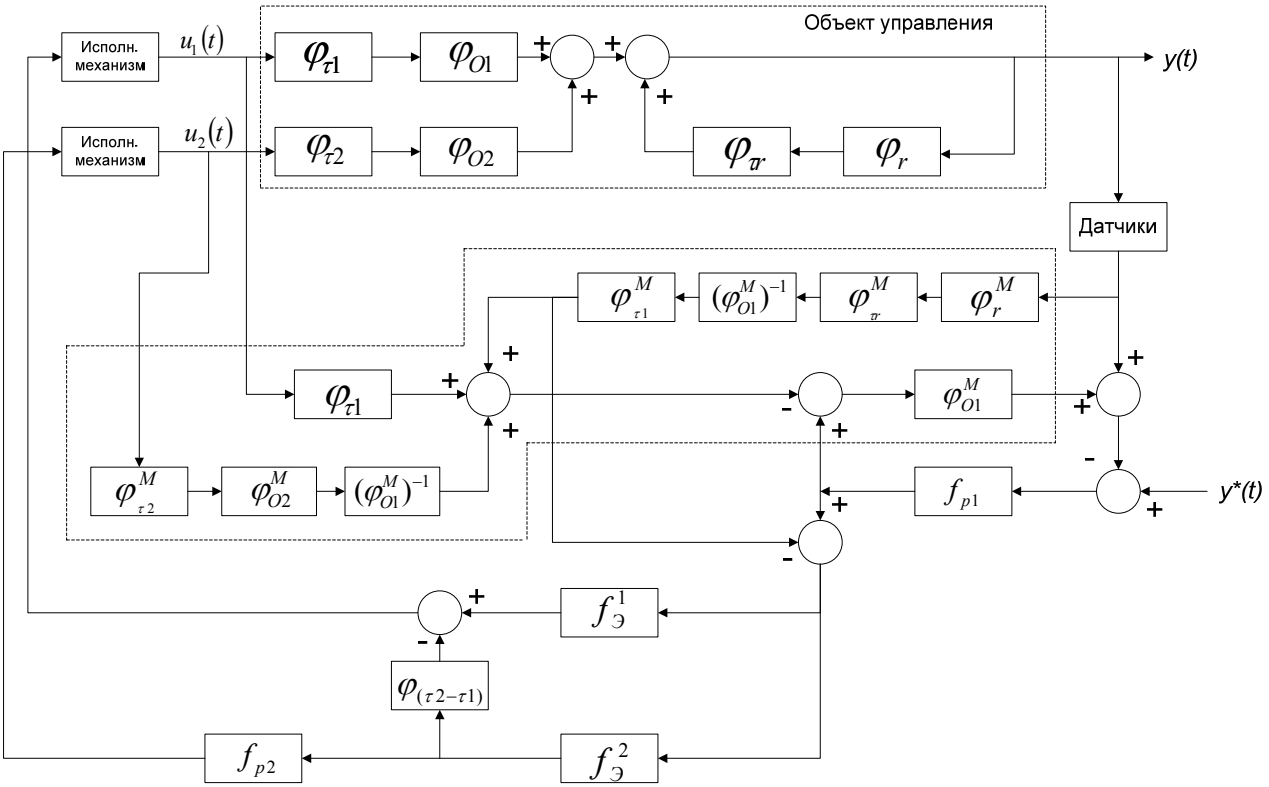
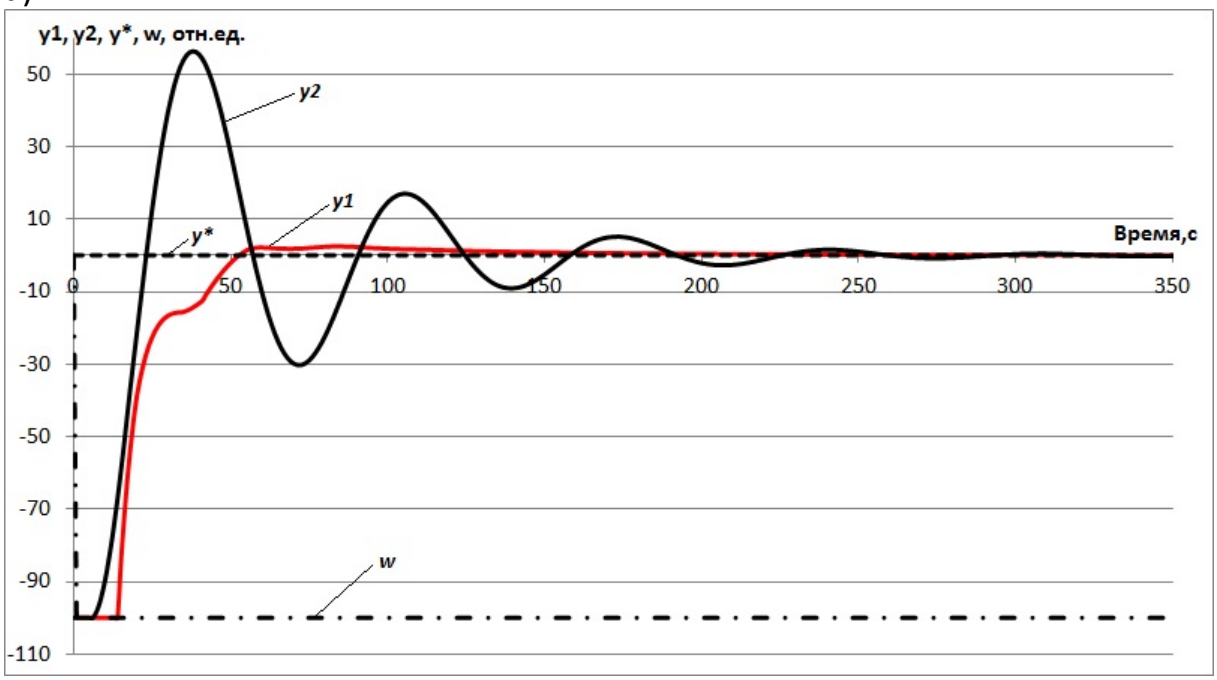


Рисунок 3 – Система регулирования плотности магнетитовой суспензии: $y*$ - задающее воздействие, $f_{\text{p1}}, f_{\text{p2}}$ – регулирующие блоки, $f_Э^1, f_Э^2$ – блоки экстраполяции, индекс «М» означает – модельный.

Эффективность предложенной системы регулирования оценена по качеству переходных процессов. На рисунке 4 для примера представлены графики переходных процессов в системе с типовым ПИ-алгоритмом регулирования и алгоритмом регулирования с введенными дополнительными операторами. Переходные характеристики получены при значениях приведенного к выходу возмущения $w = -100$ отн.ед. и задающего воздействия $y^* = 100$ отн.ед.

По результатам модельных исследований можно сделать вывод, что введение в алгоритм регулирования дополнительных операторов переходный процесс становится апериодическим со значительно лучшими показателями качества регулирования: временем переходного процесса, максимальным динамическим отклонение и интегральным показателем переходного процесса.

а)



б)

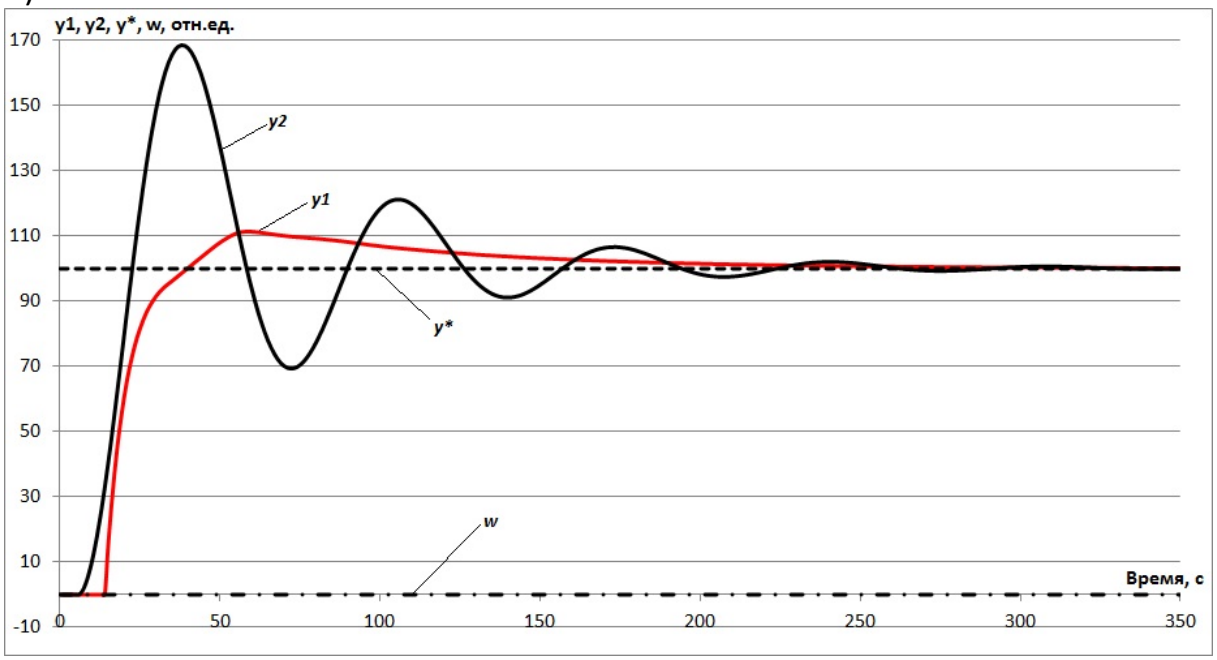


Рисунок 4 - Графики переходного процесса при: а) $\omega = -100$ отн.ед. и б) $y^* = 100$ отн.ед.:

$y1$ – выходное воздействие системы с алгоритмом регулирования с дополнительными операторами; $y2$ – выходное воздействия системы с типовым алгоритмом регулирования; w – приведенное к выходу возмущение; y^* - задающее воздействие.

Для натурно-модельных исследований использовались натурные данные с обогатительной фабрики «Матюшинская»: величина открытия за-

движек, регулирующих подачу свежей суспензии и воды; фактическое и заданное значение плотности рабочей магнетитовой суспензии. На рисунке 5 представлены графики натурных значений плотности магнетитовой суспензии $Y^{н}$; заданного значения плотности Y^{*}; натурно-модельных значений плотности магнетитовой суспензии $Y^{нм}$, полученные для исследуемой системы регулирования с введенными дополнительными операторными блоками.

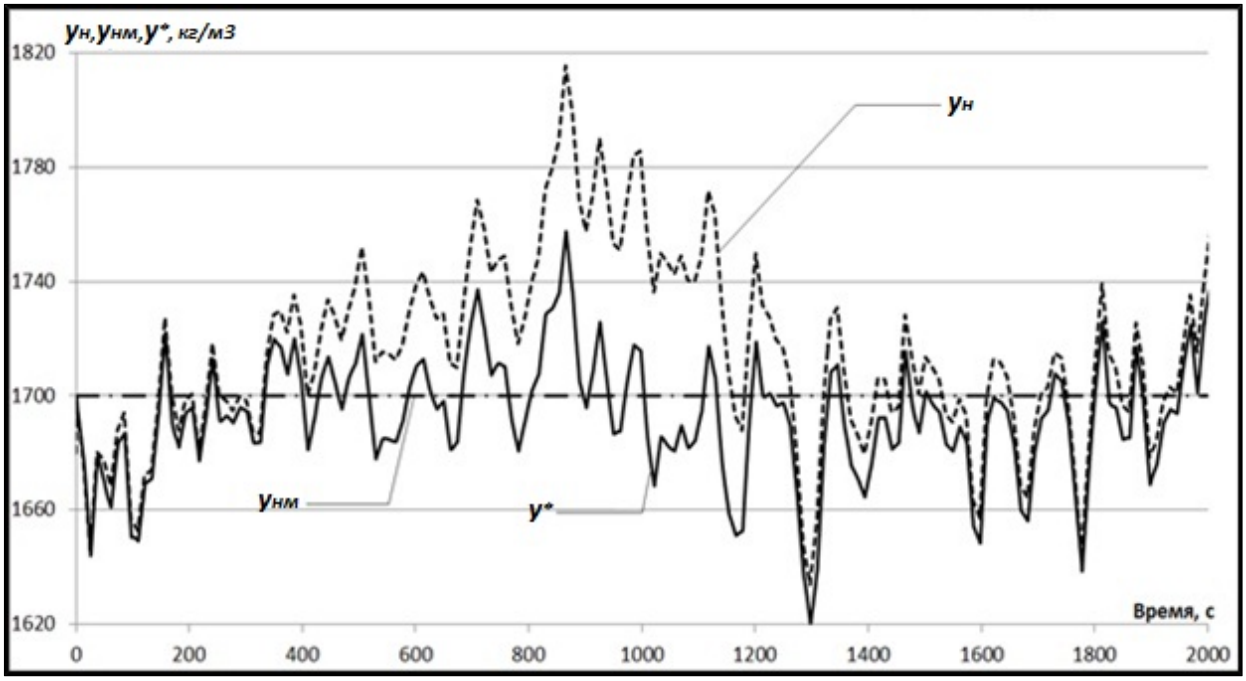


Рисунок 5 – Динамика плотности магнетитовой суспензии

Применение разработанного алгоритма значительно повышает качество регулирования плотности магнетитовой суспензии в условиях фабрики «Матюшинская», что наглядно видно из графиков на рисунке 5. Среднеквадратическое отклонение ошибок регулирования для предлагаемой системы уменьшилось в среднем в два раза: для натурных значений плотности рабочей суспензии среднеквадратическое отклонение составляет 33,65 $^{кг}/_{м^3}$, для рассчитанных натурно-модельных значений рабочей плотности суспензии - 17,22 $^{кг}/_{м^3}$.

Выводы. Развитие методов и алгоритмов управления объектами с рециклом позволяет значительно, в разы, повысить показатели качества регулирования технологических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. К вопросу об управлении объектами с рециклом / Венгер К.Г., Мышляев Л.П., Циряпкина А.В., Барагичев К.Е. // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды VIII Всероссийской научно-практической конференции / Сиб. гос. индустр. ун-т - Новокузнецк, 2011.- С. 137-142.
2. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: Монография в 3-х т. Т.2: Системы автоматизации производственного назначения / Л.П. Мышляев, А.А. Ивушкин, Г.П. Сазыкин и др.; Под ред. Л.П. Мышляева. – Новосибирск: Наука, 2006. – 483 с.
3. Численное исследование САР объектов с рециклом/ Венгер К.Г., Мышляев Л.П., Циряпкина А.В.// Труды Всероссийской научно-практической конференции СибГИУ «Металлургия: технологии, управление, инновации, качество»/Сиб. гос. индустр. ун-т - Новокузнецк, 2011. – С. 89-92.
4. Пат. 2542910 Российской Федерации, МПК G05B13/02. Система регулирования объекта с рециклом/ Л.П. Мышляев, А.А. Ивушкин, К.А. Ивушкин, С.Ф. Киселев - № 2014110549/08; заявл. 19.03.2014; опубл. 27.02.2015.

УДК 662.7

МОТОРНІ ПАЛИВА З АЛЬТЕРНАТИВНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

В.В. Слободчиков[1], М.М. Балака[2]
[1]завідувач денним відділенням «Механізація та інформаційні технології», викладач, Миколаївський будівельний коледж Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Миколаїв, Україна, e-mail: xair@ukr.net
[2]асистент кафедри будівельних машин, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: maxim.balaka@gmail.com

Анотація. В роботі проаналізовано ряд основних показників альтернативних моторних палив. Проведено їх порівняння з традиційними нафтовими паливами.

Ключові слова: альтернативне моторне паливо, нафта, енергетичний ресурс.

ENGINE FUELS FROM THE ALTERNATIVE ENERGY RESOURCES

Vitaly Slobodchikov[1], Maxim Balaka[2]
[1]Chief of Mechanization and Information Technology Day Department, Lecturer, Mykolaiv Building College of Kyiv National University of Construction and Architecture, Mykolaiv, Ukraine, e-mail: xair@ukr.net
[2]Assistant of Building Machinery Department, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: maxim.balaka@gmail.com

Abstract. The paper analyzes a series of basic factors of alternative engine fuels. Their comparison with conventional petroleum fuels carried out.