

## СВЧ-обработка нефтешламов с моделированием в среде LabVIEW

М.Ф. Дементьева<sup>1</sup>, Я.Н. Шангараева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ  
420111, Российская Федерация, г. Казань  
ул. К. Маркса, 10

<sup>2</sup> Казанский филиал Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики  
420061, Российская Федерация, г. Казань  
ул. Бари Галеева, 3а

В данной работе подняты проблемы переработки нефтешламов, касающиеся как стандартных методов решения, так и применения микроволн. При этом представлены новые способы, основанные на более эффективном использовании СВЧ-энергии. В среде LabVIEW разработан программный комплекс СВЧ-обработки нефтешламов, представляющий полную визуализацию технологических процессов переработки. Работа выполнена в соответствии с Госзаказом на выполнение НИР КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева в научно-исследовательском институте прикладной электродинамики, фотоники и живых систем.

*Ключевые слова:* переработка нефтешламов, СВЧ-обработка, программные комплексы, среда LabVIEW.

### Введение

Нефтяные шламы по составу чрезвычайно разнообразны и представляют собой сложные биологические системы, состоящие из нефтепродуктов, воды и минеральной части (песка, глины, ила и т. д.), соотношение которых колеблется в очень широких пределах, в среднем (по массе) 10...60 % нефтепродуктов, 30...85 % воды, до 45 % твердых примесей.

Накопление нефтешламов, как правило, осуществляется на специально отведенных для этого площадках или в бункерах. В шламонакопителях происходят естественные процессы – накопление атмосферных осадков, развитие микроорганизмов, протекание окислительных и других процессов, которые ведут к самовосстановлению почвенного покрова. Однако процесс самовосстановления протекает десятки лет. Состав нефтяного шлама, хранящегося в шламонакопителях, отличается от состава свежего. Нефтяной шлам по составу и свойствам также отличается от нефтяного шлама очистных сооружений.

Использование СВЧ-энергии для нагрева нефтепродуктов в настоящее время активно развивается, это объясняется тем, что электромагнитные волны, проникая практически мгновенно вглубь объекта, преобразуют СВЧ-энергию в тепло во всем объеме с высоким градиентом

нарастания температуры [1]. Это нарастание в значительной мере зависит от равномерности среды.

В научно-исследовательском центре прикладной электродинамики КНИТУ-КАИ многократно проводились исследования и конструкторские разработки по обработке нефтепродуктов, в том числе и нефтешламов. Была предложена и разработана мобильная станция СВЧ-обработки жидких нефтешламов непосредственно в месте их хранения, позволяющая извлекать до 80 % полезных углеводородов [2]. Основными характеристиками станции являлись высокая производительность (до 140 м<sup>3</sup>/ч), срок окупаемости не более 1,5 лет, экологическая безопасность процесса, высокий уровень автоматизации.

Разработка чистых энергосберегающих СВЧ-комплексов – актуальная проблема. Следует учесть, что проектирование СВЧ-комплексов сопровождается проведением дорогостоящих экспериментов. Поэтому поиск и нахождение решений с помощью численных моделей является весьма важным.

### 1. Постановка задачи

Решение проблемы замены дорогостоящих экспериментов авторы видят в визуализации процесса СВЧ-переработки нефтешламов в среде LabVIEW.

Это позволило бы отказаться от подобных экспериментов без потери адекватности их расчетных данных.

Для этого следует определить этапы разработки программного продукта, не забыв на заключительном этапе провести сравнение результатов программы с лабораторными физическими исследованиями.

Чистый эксперимент состоит из следующих этапов: разработка алгоритма; выбор среды разработки; визуализация технологического процесса; сопоставление результатов работы программного продукта с результатами численных решений.

## 2. Алгоритм разработки программного комплекса

Для начала определим алгоритм разработки программного комплекса.

Управляя мощностью СВЧ-источника, можно воздействовать на эффективность отделения водяной фракции от нефтешламов. При управлении мощностью, частотой электромагнитного излучения, диэлектрической проницаемостью и др. параметрами, воздействующими на режим работы СВЧ-устройства, достигается требуемое распределение температурного поля в обрабатываемом материале.

## 3. Среда разработки программного продукта

В соответствии с бурным развитием микроэлектронной технологии, повсеместным внедрением компьютеров и микропроцессоров, развитием стандартов связи и сетевых технологий инженеры вынуждены в равной степени увеличивать сложность процессов разработки, производства и тестирования новых продуктов, а также ориентироваться на разработку все более сложных приложений для программируемых встраиваемых систем.

С этой целью инженеры и ученые используют среду графического программирования National Instruments LabVIEW [3; 4], позволяющую инженерам, не имеющим глубоких знаний и опыта в традиционном программировании, быстро создавать сложные автоматизированные системы измерений и управления. В своем развитии среда LabVIEW стала больше, чем просто языком программирования. Она предоставляет пользователю широкую гамму инструментов, которые

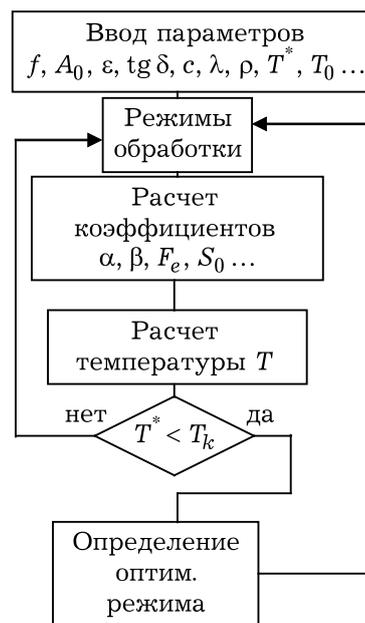


Рис. 1. Блок-схема программы ЭВМ – определение оптимального режима обработки нефтешламов

образуют графическую платформу для проектирования и создания контрольно-измерительных систем.

На сегодняшний день в ряде областей науки и техники LabVIEW фактически стала стандартом.

## 4. Программный продукт визуализации СВЧ-нагрева нефтешламов

На рис. 2 представлена визуализация СВЧ-комплекса обработки нефтешламов. На главном меню отображаются следующие основные параметры ввода необходимых для расчетов данных. 1 – обводненность нефтешламов с указанием сезона, в который осуществляется очистка (в зависимости от сезона будет изменяться начальная температура нефтешламов); 2 – желаемая температура нагрева; 3 – отклонение начальной температуры – необходимо для генерации начальной (входной) температуры нефтешламов; 4 – масса вещества; 5 – удельная теплоемкость материала; 6 – желаемое время нагрева.

Параметры 2 и 5 являются условно константами, рассчитываются с помощью определенных формул и в течение выполнения программы изменяться не могут. Параметры 1, 3, 4 и 6 – переменные, и можно их изменять по желанию пользователя.

Также на главном меню отображаются датчики начальной температуры нефтешламов, подаваемой на вход СВЧ-генератора, мощности, необходимой для нагрева заданной массы

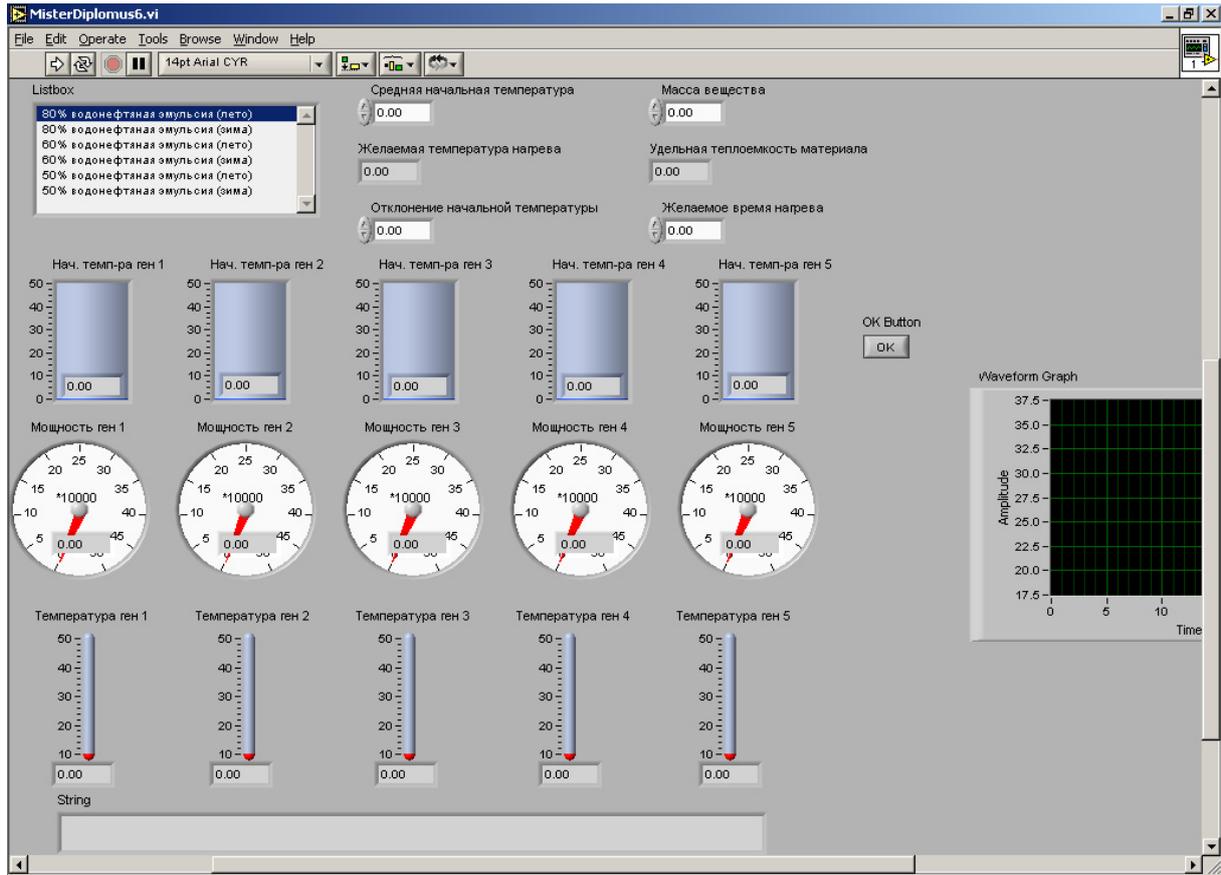


Рис. 2. Открытие программы

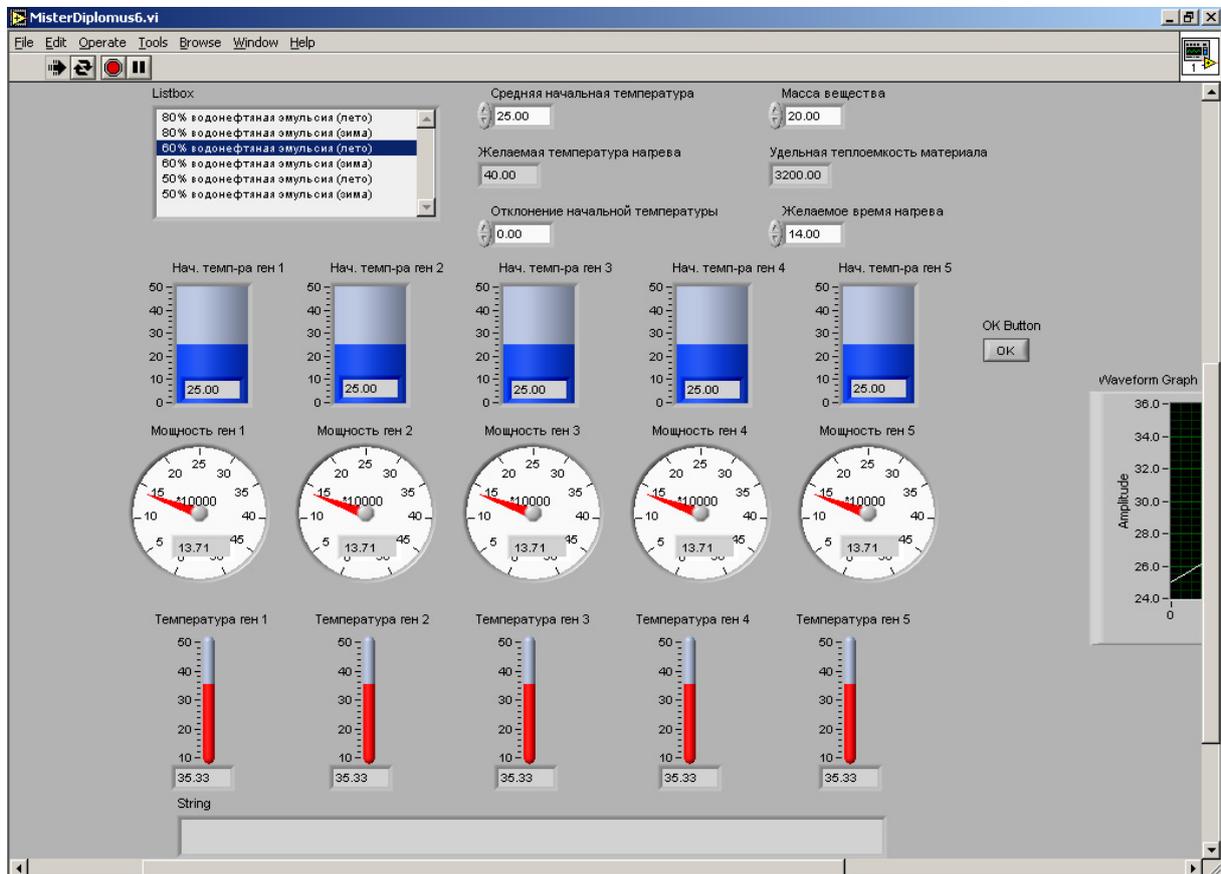


Рис. 3. Ввод параметров и запуск программы



Рис. 4. Вывода на экран сообщения о перегреве

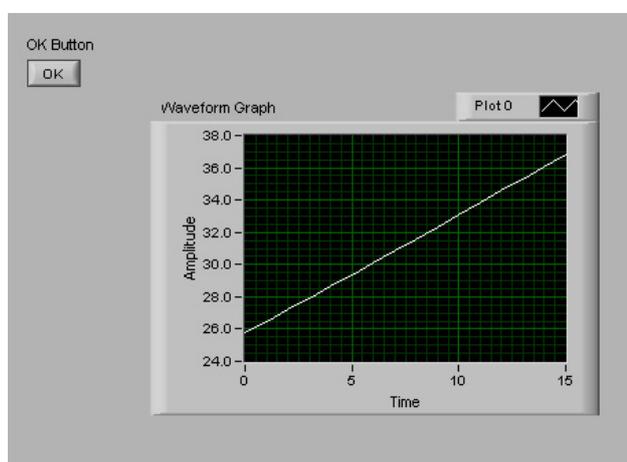


Рис. 5. График зависимости температуры от времени

нефтешламов при определенной обводненности и времени нагрева, а также температура на выходе СВЧ-генераторов, возрастающая в реальном времени.

Внизу на экране главного меню отображено поле вывода сообщений, а именно сообщения, требующие срочного вмешательства пользователя (перегрев нефтешламов).

Для начала работы программы необходимо выбрать в списке вариантов тот, что необходим для расчета исходя из условия обводненности и температурного режима. Также следует сформировать основные параметры, то есть переменные параметры 1, 3, 4 и 6 и нажать «OK button». Программа рассчитывает необходимые параметры для определения оптимальной удельной мощности, а также по найденной математической модели моделирует возрастание температуры нефтешламов в реальном времени.

При перегреве нефтешламов на одном из генераторов в поле сообщений выводится сообщение о необходимости уменьшения мощности одного из генераторов. При возникновении тако-

го сообщения пользователю нужно уменьшить мощность генератора, на котором происходит перегревание, во избежание чрезмерного нагрева нефтешламов согласно технологическому процессу.

Пример вывода на экран сообщения о перегреве нефтешламов представлен на рис. 4.

При возникновении такого сообщения пользователь должен либо снизить мощность генератора, на котором произошел перегрев, либо уменьшить время нагрева нефтешламов.

На рис. 5 отражен график зависимости температуры от времени, построенный по математической модели.

Для расчета следующих значений (при изменении температурного режима или изменении обводненности нефтешламов) необходимо проделать все вышеизложенные операции вновь (задание первоначальных параметров для расчета) и нажать кнопку «OK button».

## 5. Сравнительный анализ

На рис. 6 показаны графики зависимости температуры диэлектрической среды от времени: 1) рассчитанные в LabVIEW; 2) построенные на основе физических экспериментов [5].

Путем сравнения экспериментальных и расчетных результатов показана удовлетворительная точность результатов разработанного программного комплекса.

## Заключение

Данный программный продукт дает полную визуализацию технологического процесса обработки нефтешламов с сообщениями о перегреве во избежание аварийных ситуаций графиками для анализа процесса нагрева. При этом программа

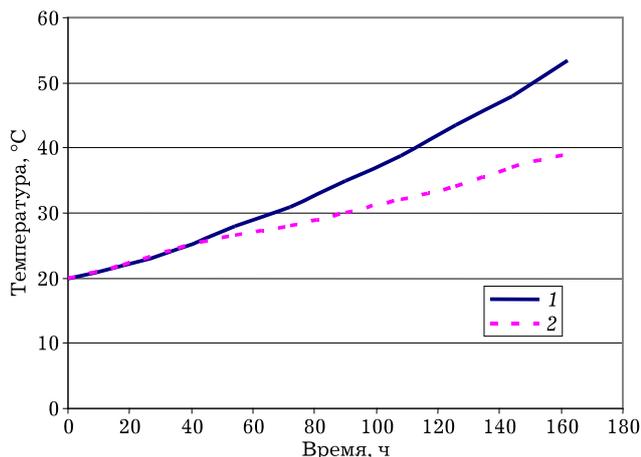


Рис. 6. Зависимость температуры диэлектрической среды от времени

автоматически подстраивается под изменяющиеся параметры для наиболее эффективного распределения температурного поля.

Практическая значимость заключается в том, что моделирование автоматизированного комплекса в среде LabVIEW позволяет повысить

эффективность системы управления и осуществить разработку и эксплуатацию СВЧ-установок с улучшенными технико-экономическими показателями.

### Список литературы

1. Морозов Г.А., Морозов О.Г., Седельников Ю.Е. Низкоинтенсивные СВЧ-технологии. М.: Радиотехника, 2003. 112 с.
2. Применение микроволновых технологий для расплава нефтешламов / Г.П. Абражеев [и др.] // Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии»: материалы конф. Севастополь, 1999. Секция 8. С. 414–415.
3. Тревис Дж. LabVIEW для всех. М.: ДМК Пресс, 2005. 544 с.
4. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. М.: ДМК «Пресс», 2007. 400 с.
5. Анфиногентов В.И., Гараев Т.К., Морозов Г.А. Об одной задаче теории СВЧ-нагрева диэлектриков // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2002. № 3. С. 21–22.

## Microwave treatment of sludge with modeling in LabVIEW

*M.F. Dementeva, Y.N. Shangaraeva*

In this paper raised the problem of sludge processing with standard methods of solution and with using of microwaves. Present new methods, based on a more efficient use of microwave energy. In the LabVIEW software system developed microwave treatment sludge, which is a full visualization of technological processes. This work done in accordance with a government order for execution of scientific research works in R&D and educational center «R&D Applied Electrodynamics, photonics and living systems» of Kazan National Research Technical University «KNRTU-KAI» by A.N. Tupolev.

*Keywords:* processing sludge, microwave processing, software systems, the environment LabVIEW.