

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ
ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН****А. Г. Фарберов***Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Т. А. Трохова

Применение новых информационных технологий дает возможность разработки адекватных моделей гидродинамики цементирования обсадных колонн нефтяных скважин. Задача автоматизации расчетов и моделирования гидродинамических процессов в обсадной колонне и затрубном пространстве при цементировании является актуальной, т. к. позволяет значительно повысить качество проектирования при строительстве нефтяных скважин.

Система моделирования гидродинамики цементирования нефтяных скважин выполняет несколько основных функций, с каждой из которых связан свой режим работы. К этим функциям относятся: ввод исходных данных; расчет параметров цементирования; расчет количества и режимов работы цементировочных агрегатов и цементосмесительных машин; расчет гидродинамики процесса цементирования; графическое моделирование.

При работе в режиме ввода исходных данных пользователь задает как данные для конкретной скважины и обсадной колонны, например, диаметры (внешний и внутренний), высоту цементного стакана, высоту колонны и т. д., так и информацию справочного характера. На данном этапе работы над проектом эта информация задается вручную, в последствии она будет выбираться из справочников. К такой информации относится, например, значения подачи давления для различных цементировочных агрегатов.

При работе в режиме расчета параметров цементирования реализуется алгоритм проектного расчета с получением таких основных расчетных результатов, как объем цементного раствора, масса сухого цемента, объем воды затворения и буферной жидкости, объем продавочной жидкости и т. д. В настоящем проекте эти расчеты отлажены и совпадают с эталонным примером.

Блок расчета количества и режимов работы цементировочных агрегатов (ЦА) и цементосмесительных машин позволяет на основе расчетных параметров цементирования подобрать количество ЦА так, чтобы соблюдался ряд технологических требований. Одним из основных критериев выбора является время цементирования.

Два последних режима работы системы моделирования связаны с необходимостью определения высоты подъема цемента в заколонном пространстве в конкретные моменты времени и решения обратной задачи – определения времени при заданной высоте подъема. Все расчеты должны выполняться в оперативном режиме. Эта проблема решается с применением интерактивной графической модели. Основные параметры графической модели рассчитываются в блоке расчета гидродинамики, затем передаются в блок графического моделирования и графическое изображение масштабируется по этим параметрам. Дальнейшее развитие графической модели предполагает ввод значения времени цементирования и получения кроме цифрового еще и наглядного вида высоты подъема цемента в заколонном пространстве.

Разрабатываемая система моделирования позволит повысить точность и улучшить качество проектирования нефтяных скважин и после завершения может быть реальное внедрение.

Расчетно-статистический метод основан на разработке экономико-статистической модели в виде зависимости фактического удельного расхода электроэнергии (УРЭ) от воздействующих факторов. Расчет УРЭ расчетно-статистическим методом имеет ряд преимуществ перед расчетно-аналитическим методом [2]:

- статистические данные, используемые для разработки моделей, несут информацию о существующих режимах работы потребителей и соответствующих им потребностях ЭЭ;

- использование суточной (посменной) статистики позволяет учесть большее количество фактических режимов работы потребителей по сравнению с использованием квартальной (годовой) статистики, что в конечном итоге повышает достоверность определения УРЭ;

- для построения моделей расхода ЭЭ используется интегральная характеристика режима электропотребления (суммарный расход ЭЭ потребителей), что позволяет не учитывать режим работы каждого электроприемника в отдельности.

Из перечисленных методов нормирования в нестабильных условиях функционирования потребителей наиболее предпочтительным является расчетно-статистический метод, разработка которого может быть основана на данных, собираемых с помощью систем автоматизированного учета ЭЭ и технологических факторов. Анализ текущего состояния дел в нормировании ЭЭ для 200 потребителей Гомельской области показал, что основным методом для расчета УРЭ на выпуск продукции является расчетно-аналитический. При этом у 92 % потребителей нормы разработаны без учета возможного изменения объемов выпускаемой продукции, что приводит к ежеквартальной корректировке утвержденных норм расхода ЭЭ на выпускаемую продукцию у более, чем 50 % потребителей в связи с изменениями производственной программы.

Это обстоятельство указывает на необходимость совершенствования системы нормирования потребителей и развития, в первую очередь, расчетно-статистического метода, основанного на построении математических моделей электропотребления в зависимости от влияющих факторов, что позволяет учитывать при прогнозировании удельных расходов и нормировании ЭЭ изменение как производственной программы, так и других технологических факторов.

Рассмотрим алгоритм построения регрессионной модели электропотребления для потребителей, выпускающих однородную продукцию:

1) формируются временные ряды расхода ЭЭ и объема выпускаемой продукции на временном интервале $t = 1, 2, \dots, n''$: $\{W_t\}_{t=1,2,\dots,n''}$, $\{П_t\}_{t=1,2,\dots,n''}$;

2) сформированные временные ряды переформируются в соответствии с сезоном года, соответствующему осенне-зимнему и весенне-летнему периоду, что позволяет учитывать сезонную специфику электропотребления: $\{П_t\}_{t=1,2,\dots,n'}$, $\{W_t\}_{t=1,2,\dots,n'}$

$$n' = n'' - NK,$$

где NK – количество значений, исключенных из временного ряда;

3) полученные временные ряды сглаживаются скользящим средним с периодом усреднения $\tau = 90$ сут (для суточных временных рядов), $\tau = 3$ мес (для месячных временных рядов):

$$\bar{\Pi}_t = \frac{1}{\tau} \sum_{i=t}^{t+\tau-1} \Pi_i, \quad \bar{W}_t = \frac{1}{\tau} \sum_{i=t}^{t+\tau-1} W_i;$$

$$\{\bar{\Pi}_t\}_{t=1,2,\dots,n}, \quad \{\bar{W}_t\}_{t=1,2,\dots,n}, \quad n = n' - (\tau - 1); \quad t = 1, 2, \dots, n;$$

- 4) строится модель электропотребления потребителей;
- 5) производится разделение общезаводского электропотребления по видам выпускаемой продукции;
- 6) производится построение модели УРЭ в зависимости от объемов выпускаемой продукции вида;
- 7) с использованием F -критерия Фишера и t -критерия Стьюдента проверяется значимость коэффициентов регрессии;
- 8) с использованием модели $W_{уд} = f(\Pi)$ рассчитываются УРЭ, дифференцированные по объемам выпущенной продукции; производится проверка разработанных норм расхода ЭЭ по данным кварталов предыдущего периода.

Кривая изменения УРЭ от объемов выпускаемой продукции приведена на рис. 1. На рисунке выделены диапазоны выпускаемой продукции и соответствующие им усредненные значения УРЭ на выпуск швейных изделий. В таблице приведены рассчитанные нормы расхода ЭЭ на выпуск швейных изделий, дифференцированные по объемам выпускаемой продукции.

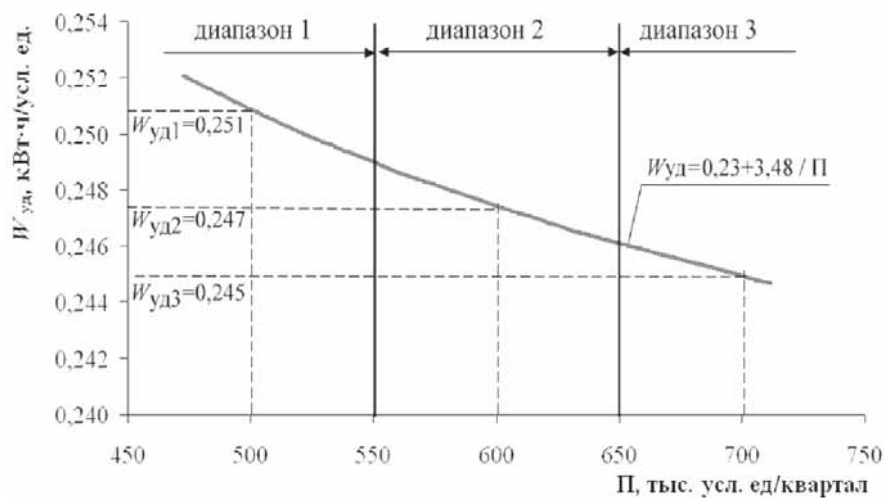


Рис. 1. Выделение диапазонов выпуска продукции и соответствующих УРЭ

Разработанные нормы расхода электрической энергии на выпуск швейных изделий

Вид продукции	Диапазон выпуска продукции, тыс. усл. ед/квартал	Норма расхода ЭЭ, кВт·ч/усл. ед.
Швейные изделия	до 550	0,251
	550–650	0,247
	свыше 650	0,245

Л и т е р а т у р а

1. Об энергосбережении : Закон Респ. Беларусь от 15 июля 1998 г. №190-З. – Минск : Комитет «Белэнергосбережение», 1998. – 15 с.
2. Грунтович, Н. В. Проблемные зоны системы управления энергоэффективностью промышленных потребителей республики / Н. В. Грунтович, Н. В. Токочакова // Энергоэффективность. – № 3. – Минск, 2008. – С. 6–9.