

# Программные продукты «NovometSel-Pro», «Калькулятор ЭЦН», «Программа расчета энергоэффективности»

**Ш.Р. АГЕЕВ,**  
заместитель генерального  
директора по науке

**А.М. ДЖАЛАЕВ,**  
заведующий сектором отдела  
прикладной гидродинамики  
ОКБ БН КОННАС

**И.В. ЗОЛОТАРЕВ,**  
к.ф.-м.н., начальник  
группы математического  
моделирования  
zolotarev.iv@novomet.ru

**А.С. ЕРМАКОВА,**  
математик

**Е.В. ПОШВИН,**  
директор  
Департамент  
инновационных разработок  
ЗАО «Новомет-Пермь»

**PROGRAM PRODUCTS: «NOVOMETSEL-PRO»,  
«ESP CALCULATOR», «SOFTWARE FOR ESP POWER EFFICIENCY  
CALCULATION»**

Sh. AGEEV, A. DZHALAEV. OKB BN KONNAS, MOSCOW,  
I. ZOLOTAREV, A. ERMAKOVA, E. POSHVIN. R&D DEPARTMENT, PERM

The article presents main peculiarities of «NOVOMET-PERM» software products designed to optimize oil production when equipment choosing.

*Keywords:* «Novomet-Perm» CJSC's software products, NovometSel-Pro, ESP Calculator, Software for ESP power efficiency calculation.

**К**ритерии, предъявляемые нефтяниками к производителям оборудования для добычи нефти, могут быть разными. Основными из них являются максимально возможный дебит, а также минимизация затрат электроэнергии при добыче. Решение этих задач необходимо проводить в комплексе – от грамотного подбора оборудования до интеллектуального управления добычей. Рассматриваемые в этой статье программные продукты направлены на оптимизацию добычи на этапе подбора оборудования.

Актуальность данной задачи подтверждается большим количеством соответствующих программных продуктов. Наиболее известными из них, обеспечивающими расчеты по выбору и анализу работы оборудования, являются:

- Автотехнолог (разработка РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина);
- SubPUMP (разработчик IHS);

- Prosper (разработчик Petroleum Experts);
- WinGLUE (разработчик Appsmiths);
- FloSystem 3 (разработчик Edinburg Petroleum Services Ltd, UK);
- RosPump (разработчик ООО «РН-УфаниПинефть»);
- WellFlo (разработчик Weatherford).

Но этим программам присущи некоторые недостатки. Например, построение индикаторной кривой проводится по методикам, имеющим либо ограниченную сферу применения, либо большую погрешность; прогиб агрегата рассчитывается без учета НКТ; отсутствует предварительный анализ возможности подвески, дебита; невозможен подбор конечного насоса. Также имеются вопросы к удобству использования: не везде есть выбор системы единиц, отсутствует возможность расчета некоторых неизвестных величин по другим данным, нет возможности администрирования базы данных.

**В статье  
представлены  
основные  
особенности  
программных  
продуктов,  
предназначенных  
для оптимизации  
нефтедобычи на  
этапе подбора  
оборудования.**



**НОВОМЕТ®**

## ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ

### NovometSel-Pro

В основе этой программы лежит математическая модель «пласт-скважина-УЭЦН», полученная на базе исследований ОКБ БН, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, проводимых на протяжении более чем 50 лет, а также – результатов промысловых испытаний.

Программа ориентирована на решение широкого спектра задач, возникающих в технологии нефтедобычи – таких, как определение реального коэффициента продуктивности по данным эксплуатации, подбор УЭЦН для постоянной или периодической эксплуатации из имеющегося оборудования, выбор оптимального режима работы для выбранного оборудования, имитация процесса вывода на режим.

Дружественный интерфейс настроен так, что «Помощник» ведет пользователя шаг за шагом от ввода исходных данных до расчета. Программа имеет полноценную англоязычную версию, может работать как с единицами СИ, американской системой, так и с пользовательской системой единиц.

По результатам расчетов предусмотрен выходной протокол, содержащий не только текстовую, но и любую графическую информацию на усмотрение пользователя. При необходимости все параметры по проточному тракту визуализируются. Возможно трехмерное представление скважины с выделением цветом диапазонов с различным темпом набора кривизны или различных диаметров эксплуатационной колонны.

Программа NovometSel-Pro содержит обновляемую через Интернет базу данных не только по насосам и двигателям, но также базу данных по газосепараторам, НКТ, обсадной колонне, кабелю. Все базы являются открытыми, т.е. пользователь сам может вносить в них изменения.

К особенностям программы, отличающим ее от аналогов, можно отнести:

- построение индикаторной кривой проводится по авторской методике «Новомет», основанной на промысловых испытаниях РГУ, ОКБ БН, ВНИИнефть и др., с учетом изменения проницаемости призабойной зоны из-за выделения в ней свободного газа (рис. 1.1);
- расчет коэффициента продуктивности и забойного давления может проводиться через:
  - информацию о работавшей в скважине УЭЦН;
  - динамический уровень;
  - давление на входе в насос;
- расчет периодической эксплуатации УЭЦН, оптимизирующей работу установки по КПД;
- расчет коэффициента искусственной сепарации на основе реальной сепарационной характеристики газосепаратора (рис. 1.2);
- подбор оптимальной частоты вращения вала с максимальным КПД;
- диагностика работы системы «НКТ-ЭЦН»;
- автоматический подбор оптимальной компоновки конического насоса;
- моделирование процесса вывода скважины на режим;

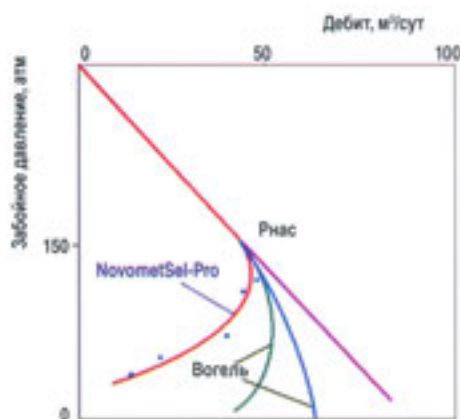


Рис. 1.1. Индикаторная кривая

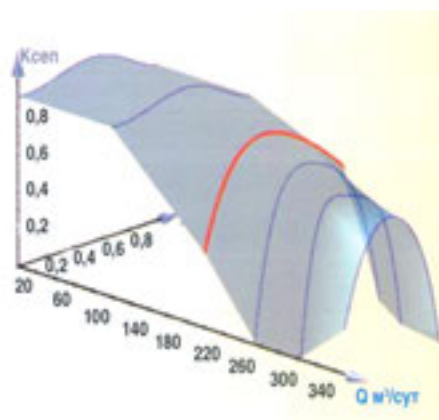


Рис. 1.2. Сепарационная характеристика газосепаратора

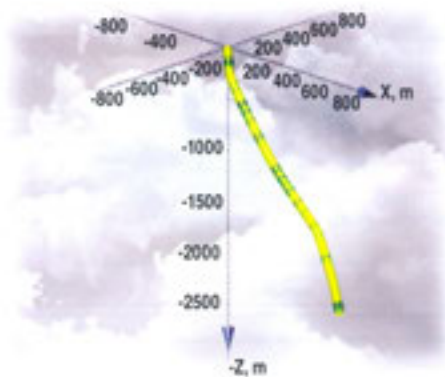


Рис. 1.3. Темп набора кривизны



Рис. 1.4. Прогиб агрегата, учитывающий позиционирование НКТ

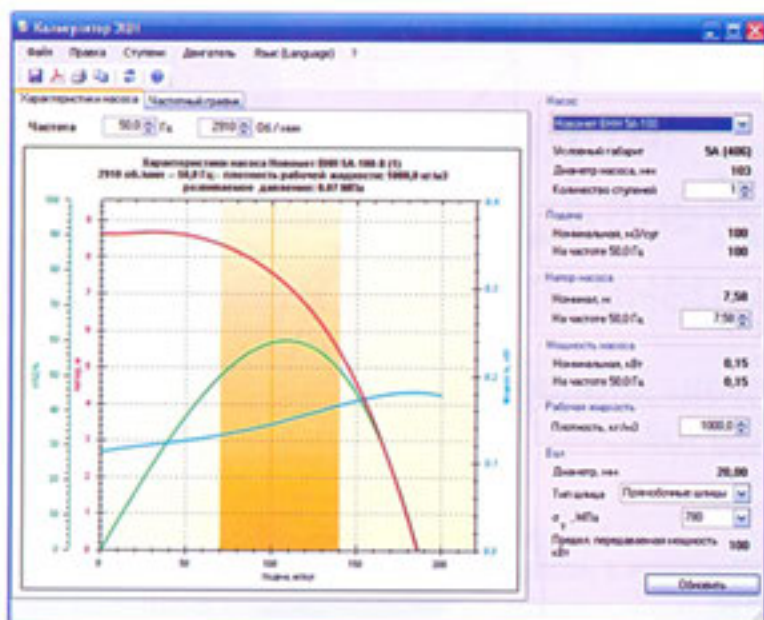


Рис. 2.1. Главное окно программы «Калькулятор ЭЦН»

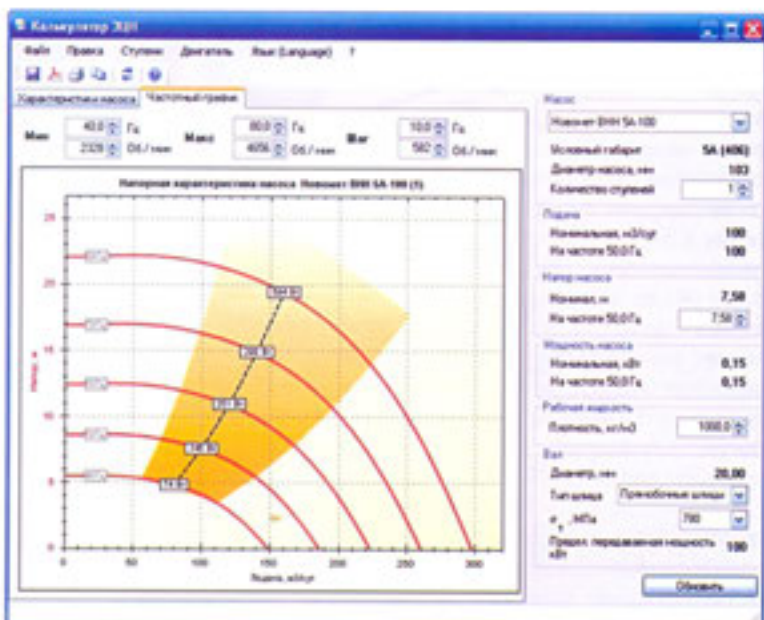


Рис. 2.2. Дополнительное окно программы «Калькулятор ЭЦН»

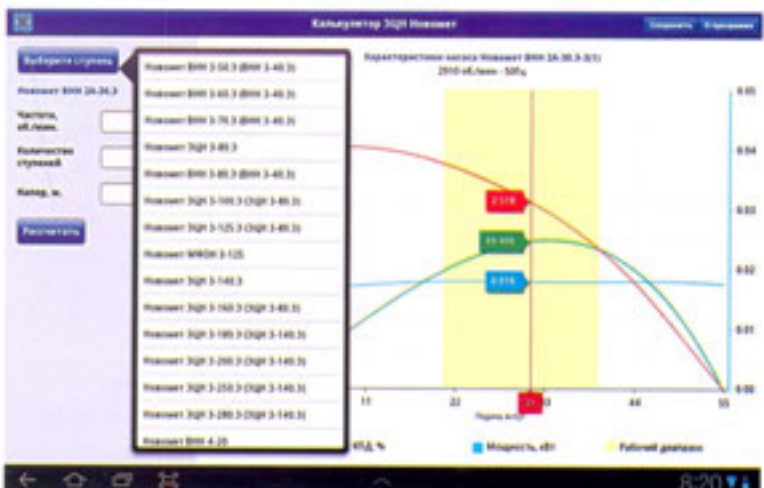


Рис. 2.3. Рабочее окно программы «Калькулятор ЭЦН» для планшетов

- расчет прогиба установки при спуске в скважину с учетом позиционирования НКТ и определение оптимальной точки подвески (рис. 1.3 и рис. 1.4);
- подбор скважинных контейнеров как с твердым реагентом (КСТР), так и с капсулированным (КСКР);
- использование в расчете адаптационной модели вязкости ГЖС позволяет проводить расчеты для добычи высоковязких нефтей;
- возможность подбора УЭЦН как со значениями дебита и подвески, заданными пользователем, так и с вычислением их оптимальных значений;
- графическое отображение изменений 39 параметров перекачиваемой газожидкостной смеси на протяжении всего проточного тракта;
- расчет необходимой длины теплостойкого кабельного удлиителя;
- подбор и моделирование работы «тандем» (ЭЦН + струйный аппарат);
- оптимизация работы УЭЦН с вентильными двигателями в диапазоне от 3000 до 6000 об/мин.

По результатам расчетов формируется протокол, содержащий следующую информацию:

1. количество ступеней вне рабочего диапазона;
2. количество диспергирующих ступеней;
3. объемное газосодержание на приеме насоса (позволяет принять решение о необходимости установки газосепаратора);
4. нагрев газожидкостной смеси как в насосе, так и от двигателя, а также расчет температуры обмотки двигателя и кабельной линии;
5. прогиб установки в месте подвески, угол отклонения по вертикали;
6. КПД погружной части установки (кабельная линия+ПЭД+ЭЦН).

Анализируя данные показатели, можно сделать выводы об оптимальности работы УЭЦН.

### Калькулятор ЭЦН

Программа ориентирована на тех, кто работает с характеристиками ЭЦН. Представляет собой интерактивный каталог ступеней, выпускаемых компанией «Новомет-Пермь», который позволяет при вводе минимума параметров просмотреть характеристики как ступени, так и погружного насоса в целом, а также отследить их изменения в динамике.

В основном окне (рис. 2.1) отображаются три основные характеристики насоса: напорно-расходная, мощностная и коэффициента полезного действия (КПД) как функции от подачи жидкости. В дополнительном окне (рис. 2.2) отображаются семейства напорно-расходных характеристик для разных частот вращения вала.



При этом все характеристики можно посмотреть, оценив допустимую нагрузку на используемый вал при различных условиях:

- использование различного количества ступеней (суммарный напор насоса);
- изменение частоты вращения вала установки (как в Гц, так и в об/мин);
- изменение плотности перекачиваемой жидкости;
- выбор характеристик и предела текучести вала;
- выбор диапазона частот вращения вала установки с заданным шагом для отображения семейства характеристик.

Также существуют версии для мобильных устройств (iPad и планшетов с операционной системой Android), пример интерфейса представлен на рис. 2.3.

Адреса установки для iPad <http://itunes.apple.com/ru/app/esp-calculator/id530076412>, для Android <https://play.google.com/store/apps/details?id=air.ru.novomet.mobile.espcalculator>.

### Программа расчета энергоэффективности УЭЦН

Если основным критерием при добыче нефти является минимизация энергопотребления, то незаменимым помощником на этапе подбора и анализа оборудования будет являться программа расчета энергоэффективности УЭЦН. В данной программе рассмотрен комплексный подход к оценке энергоэффективности, учитывающий работу всей установки с учетом наземной части (станция управления, повышающий трансформатор, кабельная линия, погружной электродвигатель, насос).

Сейчас доступна упрощенная версия для работы в режиме online (ссылка для работы с программой: <http://espefficiency.apphb.com/>), фрагмент этой версии программы представлен на рис. 3.1. Программа предназначена для расчета энергоэффективности УЭЦН при работе на воде по данным, предоставляемым в каталогах с учетом длины кабеля и температуры на входе в установку. При этом считается, что все узлы установки работают в номинальных режимах.

В ближайших планах компании – выпуск полноценной версии с возможностью установки на ПК с операционной системой Windows. Пример разрабатываемого интерфейса приведен на рис. 3.2. В отличие от online-версии здесь появляется возможность оценки энергоэффективности в произвольной точке работы на напорно-расходной характеристике, что позволяет анализировать работу всей установки в комплексе в условиях отклонения режима от номинального, что на практике случается гораздо чаще, вследствие следующих причин:

1. Любая программа подбора оборудования основана на методиках с ненулевой погрешностью.
2. Номенклатура производимого оборудования не позволяет точно подбирать устройства, работающие в номинальном режиме.

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ УЭЦН

Расчет О программе

Количество расчетов: 2

### ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Параметр	Значение		Единицы измерения
	Вариант 1	Вариант 2	
<b>Насос</b>			
Подача	<input type="text"/>	<input type="text"/>	м <sup>3</sup> /сут
Напор	<input type="text"/>	<input type="text"/>	м
КПД	<input type="text"/>	<input type="text"/>	%
<b>Мультифазный насос</b>			
Напор	<input type="text"/>	<input type="text"/>	м
КПД	<input type="text"/>	<input type="text"/>	%
<b>Двигатель</b>			
КПД двигателя	<input type="text"/>	<input type="text"/>	%

Рис. 3.1. Программа для расчета энергоэффективности, online-версия

Рис. 3.2. Программа для расчета энергоэффективности, полноценная версия

### Выводы

Таким образом, комплексное применение программных продуктов, разработанных компанией «Новомет-Пермь», позволяет на этапе подбора оборудования:

1. Скомплектовать установку для добычи нефти в заданных условиях (скважина, пласт) в соответствии с требуемыми критериями. Провести оптимизацию по дебиту, длине подвески, частоте вращения вала насоса.
2. Проанализировать работу установки как при выводе на режим, так и при изменении различных условий работы.
3. Провести анализ рентабельности добычи и себестоимости добываемой нефти. ■

**Ключевые слова:** ЗАО «Новомет-Пермь», программные продукты, «NovometSel-Pro», «Калькулятор ЭЦН», «Программа расчета энергоэффективности»