

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ВОДОЗАБОРНОЙ СКВАЖИНЫ

*Гуринович А. Д., Сычева Е. А. Белорусский национальный технический университет  
gurinowitsch@tut.by*

*Существующая методика оценки эффективности водозаборных скважин не основывается на принципах оптимизации проекта скважины и не учитывает эксплуатационные затраты в течении жизненного цикла скважины. Предлагается в качестве инструментов наряду с инженерными требованиями к надежности, качеству и долговечности использовать стоимостные показатели.*

*Определены параметры и основные элементы скважины, изменение которых оказывает определяющее влияние на конечную стоимость строительства и эксплуатации.*

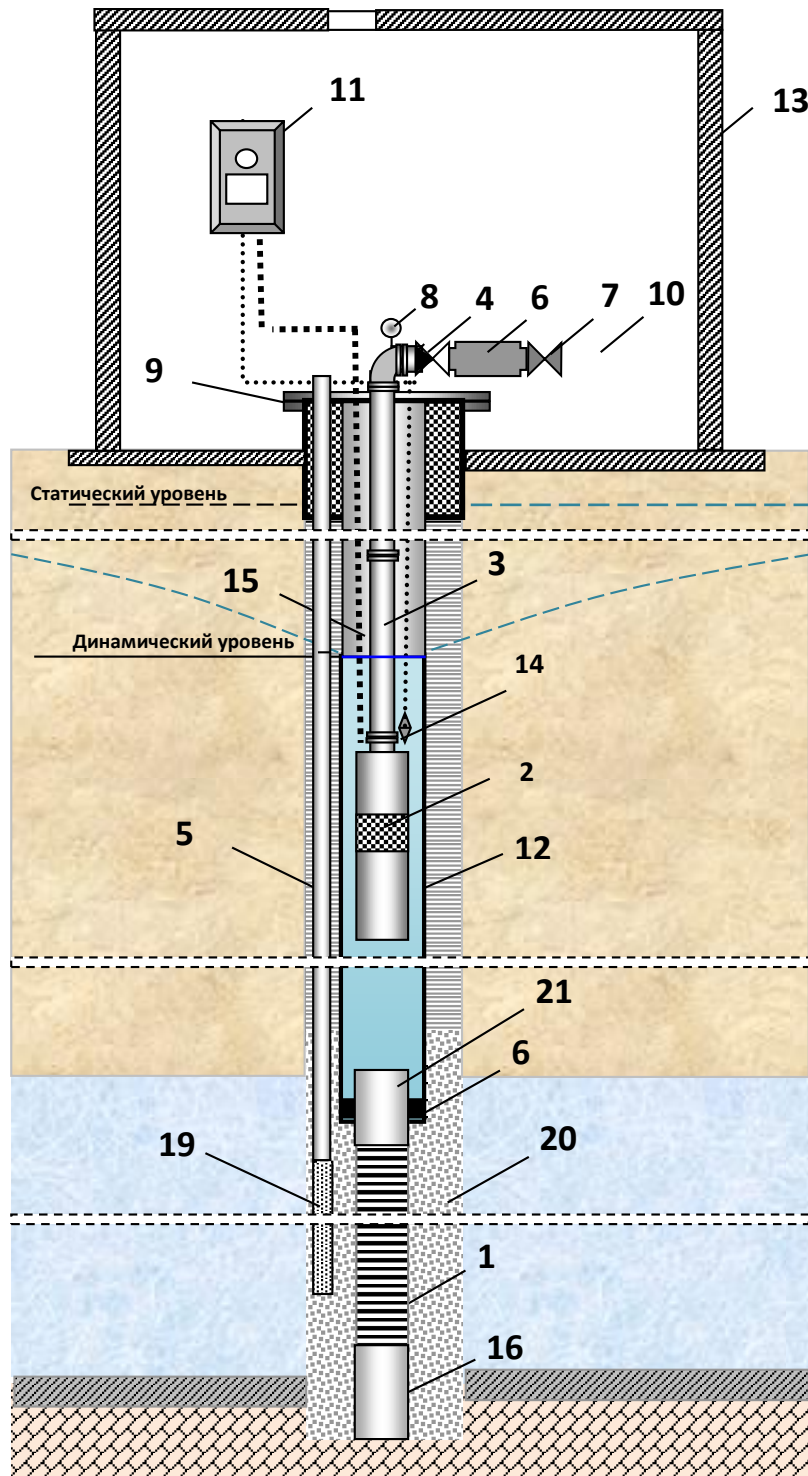
В условиях широкого использования подземных вод для целей водоснабжения и необходимости экономии энергетических и материальных ресурсов проблемы оптимального проектирования, строительства и эксплуатации скважинных водозаборов подземных вод приобретают особое значение.

Данное обстоятельство диктует необходимость разработки единого подхода к изысканию и проектированию скважинных водозаборов подземных вод, в процессе производства работ которых должны решаться в комплексе гидрогеологические задачи по оценке эксплуатационных запасов подземных вод, технологические задачи водоснабжения, задачи защиты подземных вод от истощения и загрязнения, а также задачи технико-экономических расчетов всех сооружений и их элементов.

Водозаборная скважина (рис.1) относится к сложным системам, поскольку характеризуется значительным числом взаимосвязанных и взаимодействующих элементов: водоносный пласт (параметры), технология бурения (буровые агрегаты и инструмент), конструкция скважины (обсадные трубы, фильтры), водоподъемное оборудование (водоподъемные трубы, погружные насосы, технологии водоподъема, запорно-регулирующая арматура, электрооборудование и автоматика), которые отличаются стохастическим характером происходящих в них процессов. При этом скважине присуща совокупность свойств как технических, так и природных систем, причем на качественно новом уровне.

В настоящее время, как правило, оценка вариантов проектных решений различных конструкций водозаборных скважин и других ее конструктивных элементов, при разработке проектов производится по показателю стоимости работ без учета всех последующих затрат в период расчетного срока службы. Это не позволяет дать объективную оценку эффективности принимаемых проектных решений и в итоге с высокой долей вероятности приводит в последующем к дополнительным расходам на ремонт и содержание. высокую стоимость затрат на стадии эксплуатации объекта.

Жизненный цикл водозаборной скважины это период, в течение которого осуществляются: инженерные и гидрогеологические изыскания



**Рис..1 Схема обустройства водозаборной скважины**

1-filtr; 2- pompa głębinowa; 3-rurociąg tłoczny pompy głębinowej; 4-zawór zwrotny (zamykający przepływ wody); 5- piezometru, 6- водомер; 7- zasuwa

; 8- манометр; 9- głowica; 10 –соединительный трубопровод; 11-станция управления; 12- rura osłonowa; 13- pokrywa; 14- датчик уровня; 15-, kabel elektryczny; 16-, kabel elektryczny; 17-гравийная обсыпка; 18-отстойник; 19-фильтр пьезометра; 20-гравийная обсыпка; 21-сальниковое уплотнение;

(разведка подземных вод); проектирование; бурение; строительство; монтаж водоподъемного и вспомогательного оборудования; эксплуатация (включая техническое обслуживание, профилактические и текущие ремонты) ; реконструкция; капитальный ремонт и ликвидация ( рис.2).



Рис. 2. Этапы жизненного цикла водозаборной скважины

Продолжительность жизненного цикла (срок службы) водозаборной скважины зависит от типа и конструкции скважины, методов бурения, гидрогеологических и геологических условий в районе бурения, использованных технологий и материалов, условий эксплуатации, своевременного технического обслуживания и ремонта.

На продолжительность жизни скважины влияют ошибки проектирования, нарушения технологии бурения, обустройства скважины, неправильный подбор насосного оборудования.

Анализ стоимости жизненного цикла LCC (от англ. Life Cycle Cost - стоимость жизненного цикла) - универсальная методика, разработанная и

впервые примененная в США в рамках государственных оборонных проектов и позволяющая оценить затраты на проект в течение всего срока его жизни /1/. Этот метод, доказавший свою эффективность, в последнее время начал активно использоваться в промышленности и строительстве.

Методика анализа стоимости жизненного цикла - это выявление и оценка всех расходов, связанных с жизненным циклом продукта или процесса.

Общая формула для LCC водозаборной скважины:

$$LCC = K_n + K_з + K_{стр} + K_{уст} + \sum_{n=1}^{n=t} \frac{K_э \cdot (1+r_э)^n}{(1+i)^n} + \sum_{n=1}^{n=t} \frac{K_э + K_{экс} + K_о + K_р + K_{пр} + K_{эк}}{(1+i)^n} + K_{прос} + K_л$$

где:  $K_n$  – стоимость проекта,  $K_з$  - стоимость закупки,  $K_{стр}$  - стоимость строительства,  $K_{уст}$  – стоимость установки,  $K_э$  – ежегодная стоимость энергии,  $K_{экс}$  – ежегодная стоимость эксплуатации,  $K_о$  – ежегодная стоимость осмотра,  $K_р$  – стоимость ремонта и регенерации,  $K_{пр}$  – прочие,  $K_{прос}$  – стоимость простоя,  $K_{эк}$  – экологические расходы,  $K_л$  – затраты на ликвидацию,  $t$  – последующий год,  $r_э$  – темпы роста цен на энергоносители (4-5%),  $i$  – ставка дисконтирования (5-6%),  $n$  – год расходов

Продолжительность и стоимость жизненного цикла (срока службы) скважин зависит от:

- достоверности гидрогеологично-технических параметров водоносных горизонтов и данных химико-бактериологического анализа, реализуемых на предпроектной стадии;

- типа и конструкции скважины;
- методов бурения;
- гидрогеологических и геологических условий бурения;
- используемых технологий и материалов;
- условий эксплуатации;
- своевременной технической поддержки и ремонта

На продолжительность жизни скважин влияют ошибки проектирования, нарушения технологии бурения, оборудования, скважин, неправильный выбор насосного оборудования.

Ивашечкиным. В.В. и Шейко были проведены исследования оценки сроков службы 588 типовых конструкций водозаборных скважин глубиной от 27 до 100 м, пробуренных на днепровско-сожский водоносный горизонт, мощностью от 14 до 48 м с из разнородного песка и гравия / 2,3 /. Средний срок службы 380 действующих скважин составлял 25,3 года, максимальный – 70 лет и минимальный – 6 лет. 43 скважины работают без ремонта, средний возраст которых составлял 14,5 года, минимальный – 5 лет и максимальный – 42 года.

Основное число ликвидированных скважин имело глубину до 100 м и жизненный цикл их не превышает 20 лет, максимальное значение удельного дебита составляет 40 м<sup>2</sup>/ч, среднее – 18м<sup>2</sup>/ч и минимальное – 1м<sup>2</sup>/ч.

Основными причинами выхода из строя скважин являлась кольматация фильтров и вынос песка.

Более длительный период работали скважины с сетчатыми фильтрами (20–30 лет), с трубчатыми фильтрами с проволочной обмоткой и гравийной обсыпкой и каркасно-стержневыми фильтрами с проволочной обмоткой с гравийной обсыпкой (20–25 лет).

Из 49 скважин с сетчатыми фильтрами, 41-а вышла из строя в среднем через 26 лет, 8-ми требовался ремонт и их средний возраст составляет 43 года.

Из 154 скважин, оборудованных проволочными фильтрами, 86 полностью вышли из строя в среднем через 21 год, для 68 скважин требовался ремонт при их среднем возрасте 35 , и только 1 скважина работает без ремонтов 32 года.

Из 213 скважин, оборудованных проволочными фильтрами с гравийной обсыпкой, 23 вышли из строя в среднем через 19 лет, для 148 скважин требовался ремонт через 22 года, а 42 скважины работают без ремонтов 13 лет.

Каркасно-стержневые фильтры по сравнению с проволочными и сетчатыми имеют большую скважность, поэтому средний первоначальный удельный дебит ликвидированных скважин с такими фильтрами составляет 13 м<sup>2</sup>/ч, а у действующих после ремонта изменяется от 14 до 16 м<sup>2</sup>/ч и химического воздействия. Средний срок эксплуатации достигает 30 лет.

На проанализированных скважинах первые работы по регенерации фильтров скважин проводились в среднем через 14 лет при среднем снижении удельного дебита на 35 - 45%, что негативно сказалось на эффективности регенерации фильтра и сроке службы скважин. Эффективность такой регенерации низкая, обусловленная тем, что происходит дегидратация образовавшегося кольматанта и его упрочнение. Снижение удельного дебита исследуемых скважин значительно увеличивает расход электроэнергии водоподъемного оборудования. Как видно из рис. 3., при проведении систематических работ по регенерации фильтров скважин срок жизненного цикла может составлять свыше 40 лет.

Приведенные на рис.4 сравнения стоимости жизненного цикла скважин в Беларуси и США /4,5/ показывает, что в структуре затрат максимальной составляющей является стоимость электроэнергии, которая в первую очередь зависят от выполнения работ по регенерации скважин и применяемых конструкций фильтра

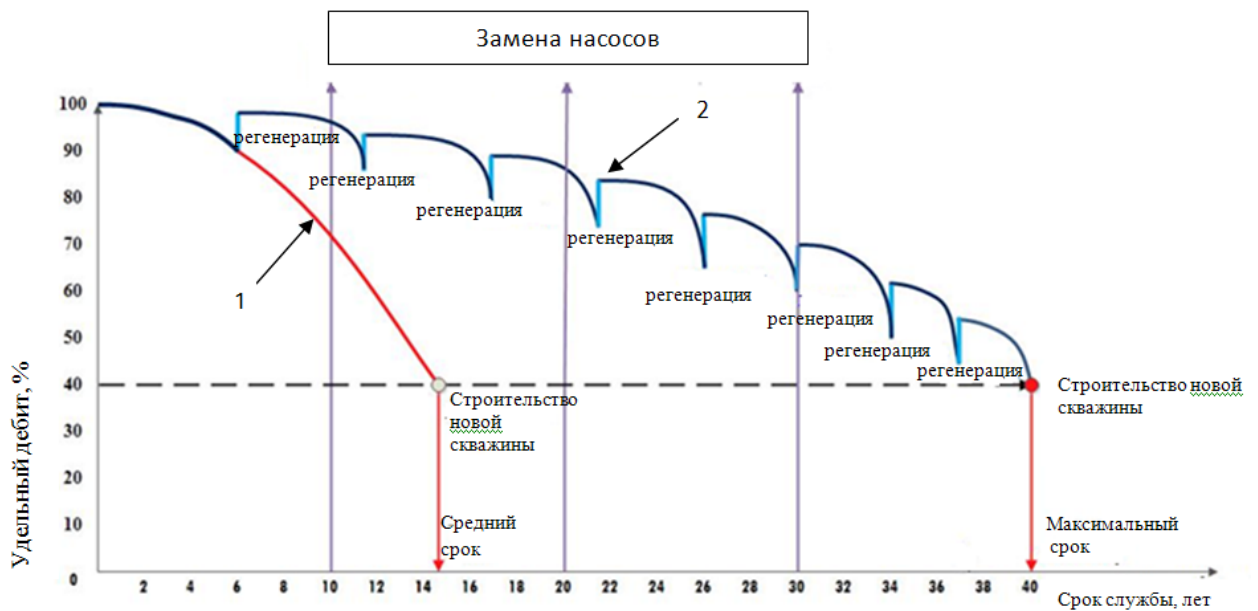


Рис.3 График зависимости от удельного дебита от срока службы скважин 1 - без проведения регенерации, 2 – с регенерацией через определенный период времени

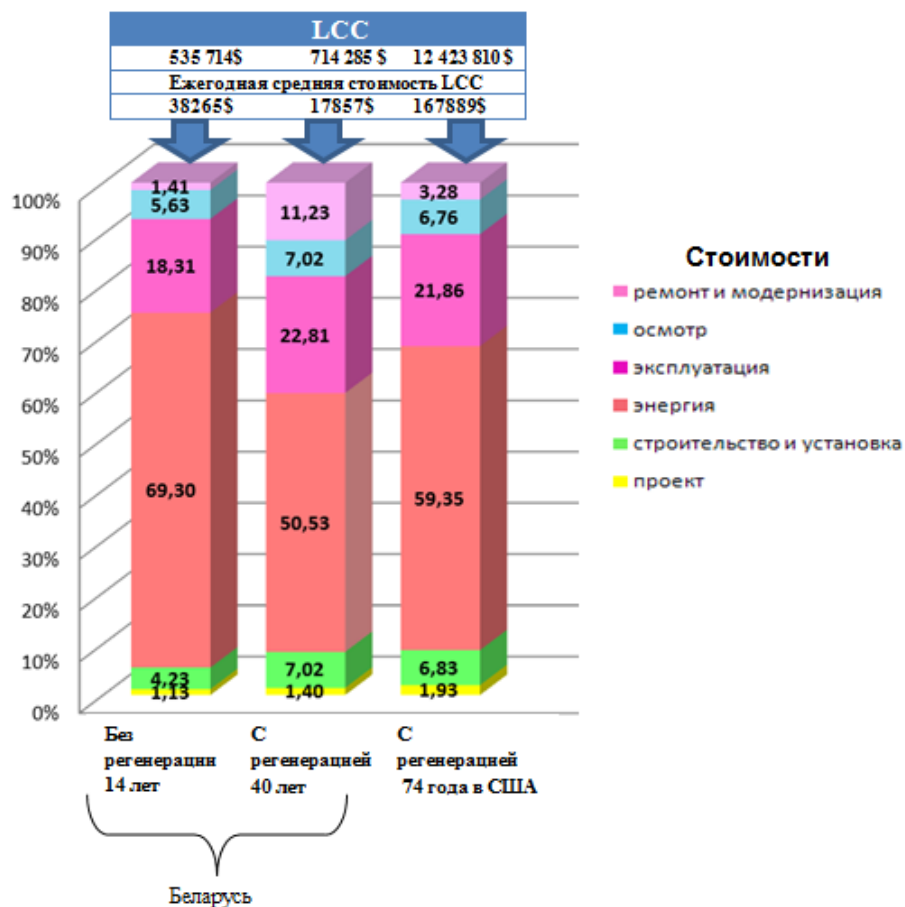


Рис. 4 Стоимости на различных этапах жизненного цикла скважины

## Выводы

1 Правильно запроектированная и построенная водозаборная скважина, при условии проведения регламентных работ по регенерации фильтров, должна эксплуатироваться в течении 40-70 лет с минимальной стоимостью жизненного цикла .

2 Регламентные работы должны проводиться в сроки, не превышающие установленные межремонтные периоды регенерации фильтров скважин. При определении которых необходимо учитывать природные условия каждой отдельной скважины, а также ее параметры и состояния, наблюдаемых на протяжении всего срока службы.

3. Анализ стоимости жизненного цикла необходимо выполнять на стадии разведочных работ и рабочего проектирования водозаборной скважины.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Barringer H.P., Weber D.P.: Life Cycle Cost Tutorial. Fifth International Conference on Process Plant Reliability, 2-4 October 1996, Houston, Texas.  
<http://www.barringer1.com/pdf/lcctutorial.pdf> (10. 01.2013 r.)
2. Ивашечкин, В.В. Газоимпульсная технология восстановления пропускной способности фильтров водозаборных скважин / монография; под ред. А.Д. Гуриновича. – Минск: БНТУ, 2005. – 270 с.
3. Шейко А. М., Ивашечкин В. В., Гуринович А. Д., Галицкий В. А Прогноз кольматажа скважин и определение рациональных сроков их регенерации / Вестник БрГТУ. – 2006. – № 2(38).
4. Pump Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems. Executive Summary. Office of Industrial Technologies U.S. Department of Energy, Hydraulic Institute, Europump, 2006г.
5. Marvin F. Glotfelty, R. 2012 McElhiney Lecture: Life-Cycle Economic Analysis of Water Wells—Considerations for Design.  
[http://www.groundh2o.org/events/McElhiney\\_Economic\\_Analysis\\_Water\\_Wells.pdf](http://www.groundh2o.org/events/McElhiney_Economic_Analysis_Water_Wells.pdf) and Construction / (10. 01.2013 r.)

