

УДК 628.11

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ТРУБЧАТЫХ КОЛОДЦЕВ

ШАРКОВ В. В.<sup>1\*</sup>, к.т.н, доц.,  
НЕЧИТАЙЛО Н. П.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.,  
ГОЛОВАЧИНСКАЯ А. С.<sup>3</sup>, инж.

<sup>1\*</sup> Кафедра водоснабжения, водоотведения и гидравлики, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: [Shar\\_kov@ukr.net](mailto:Shar_kov@ukr.net), ORCID ID: 0000-0001-8942-3701

<sup>2</sup> Кафедра водоснабжения, водоотведения и гидравлики, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, ORCID ID: 0000-0001-5963-0590

<sup>3</sup> Инженер

**Аннотация.** *Цель.* Изучение дисциплин, связанных с источниками водоснабжения и водозаборными сооружениями, подразумевает практическое ознакомление студентов с методиками выбора водозаборов, установления их характеристик, расчета основных параметров и подбора соответствующего оборудования. Сложность расчетов заключается в учете большого количества взаимосвязанных гидрогеологических характеристик водоносного пласта и расположения колодца в нем. Оценка качественного влияния этих величин на продуктивность колодцев позволит оптимизировать методику расчета, снизить время и его трудоемкость, разработать предложения для возможного изменения расчетной продуктивности путем более активного варьирования определяющими параметрами. *Методика.* Использован анализ влияния определяющих факторов и их групп на продуктивность одиночных совершенных трубчатых колодцев в условиях напорных водоносных пластов. Предложен алгоритм внесения изменений в расчетную методику для определения продуктивности колодца путем взаимного варьирования определяющих факторов. *Результаты.* Установлено, что определение величины продуктивности трубчатых колодцев достаточно сложная задача, требующая опыта проектирования, учета и многократного изменения ряда взаимовлияющих определяющих факторов. Показано, что необходимость изменения значений определяющих факторов в расчетной методике сохраняется на всех этапах расчета. Установлено, что пропорционального изменения продуктивности колодца при варьировании величинами одиночных параметров не происходит. Отдельное их влияние изменяет продуктивность колодца в разы, что может сделать конечный расчет ошибочным и не актуальным. Применение результатов исследований позволяет оптимизировать и ускорить методику расчета, вносить контролируемые изменения в конечный результат, изменяя отдельные факторы влияния или их группы. *Научная новизна.* Проведен анализ факторов влияющих на продуктивность одиночных совершенных трубчатых колодцев забирающих воду из напорных водоносных пластов. Даны рекомендации для совершенствования методики проектирования водозаборных сооружений указанного типа. Показаны направления контролируемого изменения величин продуктивности одиночных колодцев. *Практическая значимость.* Использование результатов анализа влияния отдельных факторов на величину продуктивности одиночных колодцев позволило оптимизировать методику расчетов трубчатых колодцев, показать возможные направления корректировки величины продуктивности в реальных границах и разработать номограмму для расчета колодцев с возможностью проведения оперативных изменений определяющих параметров, влияющих на их продуктивность.

*Ключевые слова:* трубчатый, совершенный колодец, напорный водоносный слой, продуктивность колодца

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИЗНАЧАЛЬНИХ ФАКТОРІВ НА ВЕЛИЧИНУ ПРОДУКТИВНОСТІ ТРУБЧАСТИХ КОЛОДЯЗІВ

ШАРКОВ В. В.<sup>1\*</sup>, к.т.н, доц.,  
НЕЧИТАЙЛО М. П.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.,  
ГОЛОВАЧИНСЬКА А. С.<sup>3</sup>, інж.

<sup>1\*</sup> Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: [Shar\\_kov@ukr.net](mailto:Shar_kov@ukr.net), ORCID ID: 0000-0001-8942-3701

<sup>2</sup> Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, ORCID ID: 0000-0001-5963-0590

<sup>3</sup> Інженер

**Анотація. Мета.** Вивчення дисциплін, пов'язаних з джерелами водопостачання і водозабірними спорудами, має на увазі практичне ознайомлення студентів з методиками вибору водозаборів, встановленням їх характеристик, розрахунком основних параметрів і підбором відповідного обладнання. Складність розрахунків полягає у врахуванні великої кількості взаємопов'язаних гідрогеологічних характеристик водоносного пласта і розташування колодязя в ньому. Оцінка якісного впливу цих величин на продуктивність колодязів дозволить оптимізувати методику розрахунку, знизити час і його трудомісткість, розробити пропозиції для можливої зміни розрахункової продуктивності шляхом більш активного варіювання визначальними параметрами. **Методика.** Використаний аналіз впливу визначальних факторів та їх груп на продуктивність одиночних досконалих трубчастих колодязів в умовах напірних водоносних пластів. Запропоновано алгоритм внесення змін до розрахункової методики для визначення продуктивності колодязя шляхом взаємного варіювання визначальних чинників. **Результати.** Встановлено, що визначення величини продуктивності трубчастих колодязів досить складне завдання, потребує досвіду проектування, обліку та багаторазової зміни ряду взаємовпливаючих визначальних чинників. Показано, що необхідність зміни значень визначальних чинників в розрахунковій методиці зберігається на всіх етапах розрахунку. Встановлено, що пропорційної зміни продуктивності колодязя при варіюванні величинами одиничних параметрів не відбувається. Окремий їх вплив змінює продуктивність колодязя в рази, що може зробити кінцевий розрахунок помилковим і не актуальним. Застосування результатів досліджень дозволяє оптимізувати і прискорити методику розрахунку, вносити контрольовані зміни в кінцевий результат, змінюючи окремі фактори впливу або їх групи. **Наукова новизна.** Проведено аналіз факторів, що впливають на продуктивність одиночних досконалих трубчастих колодязів, які забирають воду з напірних водоносних пластів. Дано рекомендації для вдосконалення методики проектування водозабірних споруд вказаного типу. Показані напрямки контрольованої зміни величин продуктивності одиночних колодязів. **Практична значимість.** Використання результатів аналізу впливу окремих факторів на величину продуктивності одиночних колодязів дозволило оптимізувати методику розрахунків трубчастих колодязів, показати можливі напрями коригування величини продуктивності в реальних межах і розробити номограму для розрахунку колодязів з можливістю проведення оперативних змін визначальних параметрів, що впливають на їх продуктивність.

*Ключові слова:* одиночний, досконалий колодязь, напірний водоносний пласт, продуктивність колодязя

## ANALYSIS OF FACTORS DETERMINING TO PRODUCTIVITY TUBE WELLS

SHARKOV V. V.<sup>1\*</sup>, *cand. Sc. (Tech.)*  
 NECHITAYLO N. P.<sup>2</sup>, *cand. Sc. (Tech.)*  
 HOLOVACHINSKAYA A. S.<sup>3</sup>, *eng.*

<sup>1\*</sup> Department of water supply, sewerage and hydraulics, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: Shar\_kov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8942-3701

<sup>2</sup> Department of water supply, sewerage and hydraulics, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, ORCID ID: 0000-0001-5963-0590

<sup>3</sup> Engineer

**Abstract. Purpose.** The study subjects related to water sources and intakes, practical means to familiarize students with the methods of choice intakes, establishing their characteristics, calculation of the basic parameters and the selection of appropriate equipment. The complexity of the calculations is the large number of related hydrogeological characteristics of the aquifer and the location of the well in it. Evaluation of qualitative effects of these variables on the productivity of the wells will optimize the calculation methodology, reduce the time and labor intensity, to develop proposals for possible changes in the estimated productivity through greater variation of determining parameters. **Methodology.** We used analysis of the impact the determinants and groups committed to the productivity of individual tube wells under pressure aquifer. The algorithm changes in the calculation method for determining the productivity of the well through the exchange variation of the determining factors. **Findings.** It was established that the determination of the efficiency of tube wells rather complicated task that requires experience in the design, accounting and multiple changes in a number of mutually determining factors. It is shown that the need to change the values of the determining factors in the calculation method is maintained at all stages of the calculation. It was found that the proportional change in the productivity of the well by varying the values of individual parameters occurs. Separate them will alter the productivity of the well at times, which can make the final calculation of erroneous and irrelevant. **Originality.** Analysis of factors affecting the productivity of single perfect tube wells taking water from the pressure aquifer. Recommendations for improving the technique of designing intake facilities of a specified type. Showing controlled direction changes in the values of efficiency of single wells. **Practical value.** Using the results of the analysis of the effect of individual factors on the productivity of individual wells allowed to optimize the calculation method of tube wells, show the possible direction of adjusting the boundaries of the real productivity and develop a nomogram for the calculation of the wells with the possibility of defining parameters of operational changes affecting their productivity.

*Keywords:* roll, perfect well, pressure aquifer, productivity of wells

### Введение

Изучение дисциплин, связанных с источниками водоснабжения и водозаборными сооружениями, подразумевает практическое ознакомление студентов с методиками выбора водозаборов, установления их характеристик, расчета основных параметров и подбора соответствующего оборудования. Задачей расчета, например, трубчатых колодцев есть установление их продуктивности при заданном (возможном) понижении статического уровня подземного потока. Неточности и допуски, сопровождающие расчеты, делают их приблизительными, а реальные значения продуктивности и снижения уровней воды рекомендуется подтверждать или уточнять результатами пробных откачек. В тоже время, такие расчеты важны и актуальны так, как позволяют анализировать гидрогеологическую и техническую ситуацию, устанавливать основные параметры колодцев и водоподъемного оборудования.

### Цель

Сложность расчетов одиночных трубчатых колодцев заключается в учете большого количества взаимосвязанных гидрогеологических характеристик водоносного пласта и расположения колодца в нем. Оценка влияния определяющих величин на продуктивность колодцев позволит разработать предложения для возможности более активного варьирования параметрами и снижения трудоемкости расчетов.

### Методика

Исходя из задачи расчета трубчатых колодцев, различают ряд расчетных схем, учитывающих совершенство, взаимодействие колодцев и напорные характеристики водоносного пласта.

При установившемся режиме эксплуатации одиночного совершенного колодца, отбирающего воду из напорного водоносного пласта, его продуктивность определяется по формуле (1) [1]:

$$Q = \frac{2,73 * k_{\delta} * m * S}{\lg \frac{R}{r_o} + 0,43 * \xi}, \text{ м}^3/\text{сутки} \quad (1)$$

где  $k_{\delta}$  -коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сутки;  $m$  -мощность пласта, м;  $S$  -понижение уровня воды в колодце при его эксплуатации, м;  $R = 10 * S * \sqrt{k_{\delta}}$  -радиус влияния, м [10];  $r_o$  -радиус скважины, м;  $\xi$  - коэффициент, учитывающий несовершенство колодца,  $\xi = 0$ .

Для анализа значимости основных величин, представим (1) в следующем виде:

$$Q = \frac{2,73 * k_{\delta} * m * S}{\lg \left( \frac{10 * S * \sqrt{k_{\delta}}}{r_o} \right)}, \text{ м}^3/\text{сутки} \quad (2)$$

### Результаты

Часть множителей, входящих в (2) ( $k_{\delta}, m$ ), зависят от гидрогеологических характеристик водоносного слоя, определяются на этапе сбора данных и имеют широкий диапазон значений. Так, для предварительных расчетов рекомендуемый диапазон величины коэффициента фильтрации, например, для песка мелкого 6-15, а песка крупного 16-30 м/сутки, позволяет изменять конечную величину производительности колодца практически в два раза. На рис.1 представлен график изменения производительности колодца при различных значениях коэффициента фильтрации водоносного слоя. График построен при следующих значениях определяющих величин:  $S=5$  м,  $m=20$  м,  $r_o=0,125$  м.

Другие величины- понижение уровня воды в колодце и радиус его влияния, рассчитываются на возможность нормальной эксплуатации водозаборного сооружения в условиях конкретных технических характеристик водоподъемного оборудования и фильтра.

Учитывая особенности конструкции скважины, характеристики водоподъемного оборудования и др., можно изменять рассматриваемые величины в диапазоне 10-30%.

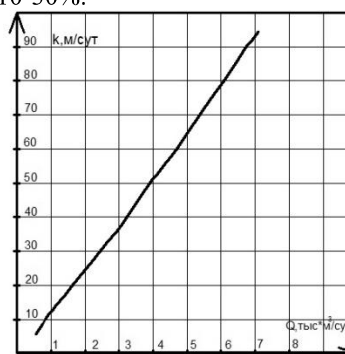


Рис.1. График влияния коэффициента фильтрации водоносного слоя на производительность колодца / Schedule influence the filtration coefficient of the aquifer on the performance of the well

На рис.2,3 приведены графики влияния величин снижения уровня воды в колодце и его радиуса на производительность. Графики построены с использованием базовых величин, используемых при построении графика на рис.1.

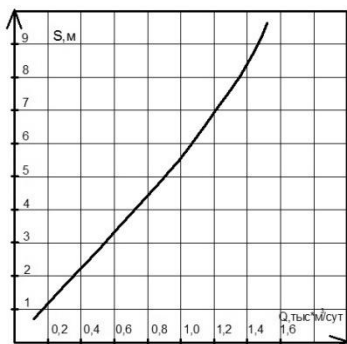


Рис.2. График влияния величин снижения уровня воды в колодце на его производительность /

Graph impact values fall in water level in the well for its performance

Важным является установление влияния групп факторов на производительность колодца. Наибольшее влияние на конечную величину расчетов оказывают величины коэффициента фильтрации водоносного слоя и снижения уровня воды в колодце. На рис.4 приведен график совместного их влияния на производительность колодца.

Кроме того, в дальнейшем, рассчитываемый одиночный колодец может стать частью группового водозабора с взаимным влиянием скважин, что приведет к дополнительному снижению динамического уровня в нем. Это потребует уточнения характеристик колодца с необходимостью возврата в начало расчета и корректировки некоторых основных расчетных величин.

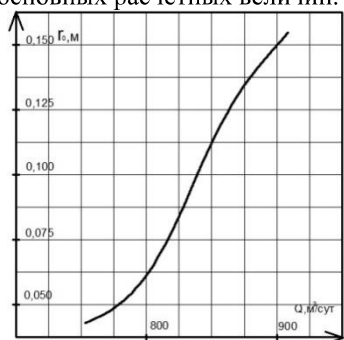


Рис.3. График влияния радиуса колодца на его производительность /Graph radius well effect on its performance

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что определение величины производительности трубчатого колодца достаточно сложная задача, требующая опыта проектирования, учета и многократного изменения ряда взаимовлияющих определяющих факторов.

Для оптимизации расчетов вертикальных колодцев предложена номограмма (рис.5), позволяющая проводить быстрые изменения определяющих параметров влияющих на их продуктивность.

Номограмма позволяет решать обратную задачу расчета колодцев- определять понижение уровня воды при заданной (возможной) продуктивности колодца.

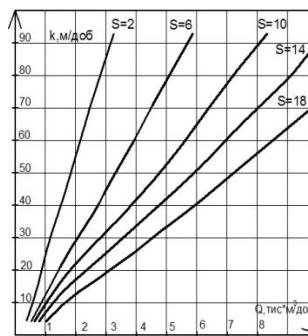


Рис.4. График влияния величин коэффициента фильтрации водоносного слоя и снижения уровня воды в колодце на его производительность /

Graph influence coefficient values filtration aquifer and lowering the water level in the well for its performance

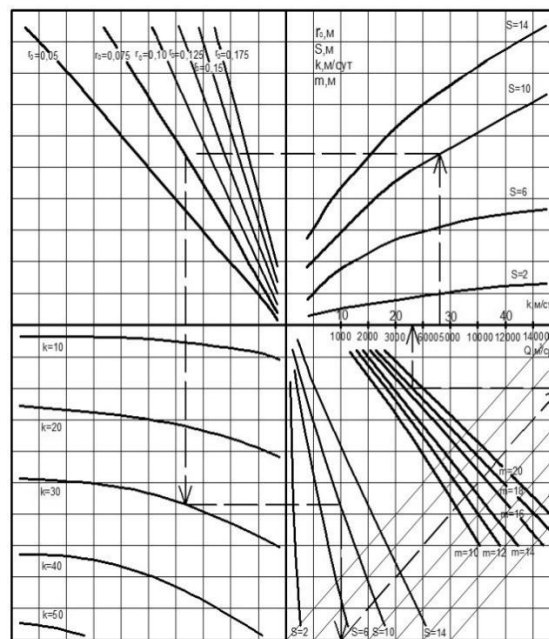


Рис.5 Номограмма для определения величины производительности совершенных вертикальных колодцев в напорных водоносных слоях / The nomogram to determine the performance of perfect vertical wells in pressure aquifers

Номограмма используется для расчетов колодцев со следующими техническими и гидрогеологическими характеристиками:

- водоносный слой- напорный;
- колодец- совершенный;
- коэффициент фильтрации 10 – 100 м/сутки;
- мощность водоносного пласта 5 – 20 м;
- снижение уровня воды 2 – 12 м;
- радиус скважины 0,05 – 0,175 м.

### Научная новизна и практическая значимость

Установлено, что определение величины продуктивности трубчатых колодцев достаточно сложная задача, требующая опыта проектирования, учета и многократного изменения ряда взаимовлияющих определяющих факторов. Показано, что необходимость изменения значений определяющих факторов в расчетной методике сохраняется на всех этапах расчета. Установлено, что пропорционального изменения продуктивности колодца при варьировании величинами одиночных параметров не происходит. Отдельное их влияние изменяет продуктивность колодца в разы, что может сделать конечный расчет ошибочным и не актуальным. Применение результатов исследований позволяет оптимизировать и ускорить методику расчета, вносить контролируемые изменения в

конечный результат, изменяя отдельные факторы влияния или их группы. **Выводы**

1. Проведен анализ факторов влияющих на продуктивность одиночных совершенных трубчатых колодцев забирающих воду из напорных водоносных пластов.

2. Даны рекомендации для совершенствования методики проектирования водозаборных сооружений указанного типа.

3. Использование результатов анализа влияния отдельных факторов на величину продуктивности одиночных колодцев позволило оптимизировать методику расчетов трубчатых колодцев, показать возможные направления корректировки величины продуктивности в реальных границах и разработать номограмму для расчета колодцев с возможностью проведения оперативных изменений определяющих параметров, влияющих на их продуктивность.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Абрамов, Н. Н. Водоснабжение / Н. Н. Абрамов. - М.: Стройиздат, 1981. - 440 с.

Abramov N.N. *Vodosnabzhenie* [Water supply]. Moscow, Stroyizdat, 1981. 440 p.

2. Абрамов, С. К. Забор воды из подземного источника / С. К. Абрамов, В. С. Алексеев. - М.: Колос, 1980. - 239 с.

Abramov S. K., Alekseev V. S. *Zabor vody iz podzemnogo istochnika* [Diversion of water from an underground source]. Moscow, Kolos, 1980. 239 p.

3. Кравченко, В. С. Водопостачання та водовідведення: Навчальний посібник / В. С. Кравченко. - Рівне: Укр. держ. акад. водного гос-ва, 1997. - 235 с.

Kravchenko V. S. *Vodopostachannya ta vodovidvedennya* [Water supply and diversion]. Rivne, 1997. 235 p.

4. Орлов, В. О. Сільсько-господарське водопостачання та водовідведення: Підручник / В. О. Орлов, А. М. Зошук. - Рівне: УДУВГП, 2002. - 203 с. : іл.

Orlov V. O., Zoshchuk A. M. *Silsko-gospodarske vodopostachannya ta vodovidvedennya* [Agriculture water supply and diversion]. Rivne, 2002. 203 p.

5. Орлов, В. О. Водозабірні споруди. Навчальний посібник / В. О. Орлов, С. М. Назаров, А. М. Орлова. - Рівне: НУВГП, 2010. - 167 с.

Orlov V. O., Nazarov A. M., Orlova A. M. *Vodozabirni sporudy* [Intakes]. Rivne, 2010. 167 p.

6. Петімко, П. І. Налагодження роботи систем водопостачання / П. І. Петімко, І. Т. Прокопчук, М. Ф. Царик. - К.: Урожай, 1995. - 256 с.

Petimko P. I., Prokopchuk I. T., Tzaryk M. F. *Nalagodzheniya roboty system vodopostachannya* [Adjustment of work systems water supply]. Kyiv, Urozhay, 1995. 256 p.

7. Рудник, В. П. Эксплуатация систем водоснабжения / В. П. Рудник, П. И. Петимко, В. Д. Семенюк. - Киев: Будівельник, 1993. - 184 с.

Rudnik V. P., Petimko P. I., Semenyuk V. D. *Ekspluatatsiya system vodopostachannya* [Exploitation systems water supply]. Kyiv, Budivelnik, 1993. 184 p.

8. Тугай, А. М. Бурова справа в водопостачанні: Підручник / А. М. Тугай, В. О. Орлов, - Рівне: НУВГП, 2004. - 268 с., іл.

Tugay A. M., Orlov V. O. *Burova sprava v vodopostachanni* [Drilling on water supply]. Rivne, 2004. 286 p.

9. Тугай, А. М. Эксплуатация и ремонт систем артезианского водоснабжения / А. М. Тугай, И. Т. Прокопчук. - К.: Будівельник, 1988. - 176 с.

Tugay A. M., Prokopchuk I. T. *Ekspluatatsiya i remont artезiанского водоснабжениа* [Maintenance and repair of artesian water supply]. Kyiv, Budivelnik, 1988. 176 p.

10. Тугай, А. М. Водопостачання. Джерела та водозабірні споруди: Посібник / А. М. Тугай, Я. А. Тугай. - Українсько-фінський інститут менеджменту і бізнесу, 1998. - 196 с.

Tugay A. M., Tugay Y. A., *Vodopostachannya. Dzherela ta vodozabirni sporudy* [Water supply. Source water supply]. Ukr. - fin. inst. manag. and busin., 1998. 196 p.

11. Тугай, А. М. Водоснабжение из подземных источников. Справочник / А. М. Тугай, И. Т. Прокопчук. - К.: Урожай. 1990. - 264 с.

Tugay A. M., Prokopchuk I. T. *Vodosnabzhenie iz podzemnyh istochnikov* [Water supply on the underground source]. Kyiv, Urozhay. 1990. 264 p.

12. Aller, L. Handbook of suggested practices for the design and installation of ground-water monitoring wells / L. Aller. - Dublin, Ohio: Nat. Water Well Ass., 1990. - 221 p.

L. Aller. Handbook of suggested practices for the design and installation of ground-water monitoring wells. Dublin, Ohio. Nat. Water Well Ass., 1990. - 221 p.

<http://id.lib.harvard.edu/aleph/010269800/catalog>  
13. Gray, N. F. Drinking Water Quality: Problems and Solutions / N. F. Gray. - Cambridge: Cambridge University Press, 2008. - 376 p.

N. F. Gray. Drinking Water Quality: Problems and Solutions. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 2008. - 376 p.

14. Roscoe Moss Comp. Handbook of ground water development / Roscoe Moss Company. - New York: Wiley, 1990. - 493 p.

Roscoe Moss Company. Handbook of ground water development. New York, Wiley, 1990. - 493 p.

<http://id.lib.harvard.edu/aleph/002728469>

Статья рекомендована к публикации д-ром.техн.наук, проф. С.3. Полищуком (Украина),

д-ром. техн. наук, проф. Л.С. Савиным (Украина).

Статья поступила в редколлегию 03.09.2015