

УДК 622.794.004.15:621.928.2:534.2

А.И. ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук

(Украина, Днепр, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОБОГАЩЕНИЯ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

При добыче в карьерах строительных материалов (гранит, базальт и т.п.) и их переработке образуется огромное количество отходов (мелкий материал крупностью 0-5 мм – отсева или строительный песок, мелкий заполнитель для строительных смесей), которые складываются в отвалы и не используются, или используются частично. Широкое применение этого продукта сдерживается наличием в нем пыли и глинистых включений, которые, как известно, при приготовлении смесей бесполезно увеличивают количество воды и связующих, что значительно повышает себестоимость готовой продукции.

При условии дообогащения отсева, т.е. доведения качества этого продукта до регламентированного ГОСТ 8736-77 "Требования к продукции. Зерновой состав песка" (крупность 0,14-5 мм, отсутствие пыли и глинистых включений) потребительская ценность и его спрос значительно возрастает [1, 2]. Учитывая количество песков в отвалах и востребованность их в виде готового продукта для строительных смесей, актуальность решения данной задачи не вызывает сомнений.

Для решения этой проблемы ведутся исследования и разработки новых технологий, схем и способов обогащения отходов, а также их усовершенствования.

Исходя из изложенного, сформулирована цель работы: совершенствование технологии и технологическая схема обогащения отходов добычи и переработки строительных материалов.

Для этого необходимо учитывать следующее:

- свойства отсева (гранулометрический состав, выход классов, количество пыли и глинистых включений), выпускаемых предприятием или находящимся в отвалах,
- места отбора отсева,
- производительность и требования к обогащенным отсевам,
- определение области применения полученных продуктов,
- выбор основного технологического оборудования,
- схемы осветления промывочной воды (при "мокрое" способе обогащения) или схемы очистки загрязненного воздуха (при "сухом" способе обогащения) с проведением при необходимости соответствующих промышленных испытаний и технико-экономического обоснования.

Кроме отсутствия пыли и глинистых включений, еще одним важным свой-

Загальні питання технологій збагачення

ством песка является его гранулометрический (зерновой) состав. Для условного выражения зернового состава пользуются модулем крупности МК, который определяет его зерновой состав, по которому песок относится к той или иной группе по крупности. Для расчета модуля крупности один килограмм высушенного песка последовательно просеивается через сита с разными диаметрами ячеек: 5, 2,5, 1,25, 0,63, 0,315, 0,15 мм. После чего взвешиваются остатки в каждом сите и складываются по специальной формуле, согласно их пропорциональному содержанию.

Модуль крупности является важным параметром, который определяет потребление воды при изготовлении строительных смесей и, соответственно, влияет на количество вяжущего материала. Крупный песок имеет модуль крупности более 2,5, средний – от 2,0 до 2,5, мелкий – от 1,5 до 2,0 и очень мелкий от 1,0 до 1,5 (рис. 1).

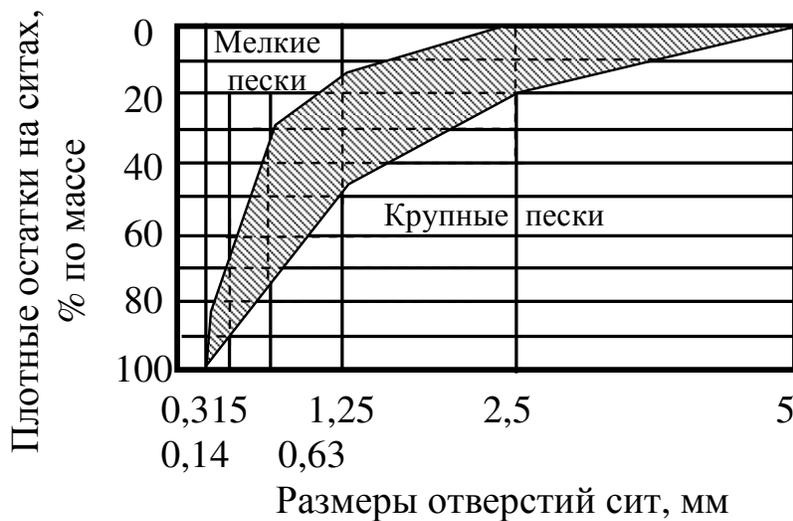


Рис. 1. Определение крупности песка

Песок, относящийся к мелкой группе, находит применение при изготовлении кирпича и цементных растворов. Очень мелкий песок используется для приготовления мелкодисперсных строительных смесей. Песок средней и крупной групп, как правило, применяют для приготовления бетонных смесей и при создании железобетонных конструкций.

В ИГТМ НАН Украины на протяжении нескольких лет ведется изучение сырьевой базы отвалов строительных материалов Украины. Исследовался их минералогический и гранулометрический состав, что позволило определить закономерности распределения частиц по классам крупности. На базе этих данных разработан способ оценки качества песков [2, 3].

Способ заключается в следующем. На основе анализа проб, взятых в разных местах отвала, осуществляют выбор и аналитический расчет зоны классов крупности, обеспечивающий требуемый модуль крупности. Далее путем тон-

Загальні питання технологій збагачення

кой классификации с помощью вибрационного грохочения разделяют отсев на обогащенный песок и отходы.

На основе разработанного способа создана новая технология их обогащения, которая включает:

- выбор и аналитический расчет зоны классов крупности песка (граница разделения), позволяющий получить песок с заданным модулем крупности;
- разработка технологической схемы и выбор оборудования;
- разделение отсева на обогащенный песок и отходы с помощью вибрационного грохочения (когда требуется четкая граница разделения) или гидродинамической классификации (например, для получения крупных песков);
- обезвоживание готового продукта.

Поскольку качественные характеристики отсевов (грансостав, выход классов) в текущем производстве и отвалах существенно различаются, т.к. для добычи и переработки в карьерах использовались различные схемы обогащения и оборудование, важно знать эти характеристики и иметь возможность варьировать с их помощью модуль крупности при определении области применения песка. В каждом конкретном случае необходим индивидуальный подход.

Разработке технологической схемы по извлечению и переработке отходов должно предшествовать детальное исследование отвала. Необходимо установить характеристики сырья (гранулометрический состав, выход по классам, количество пыли и глинистых включений). Так для ряда гранитных карьеров Украины были проведены исследования свойств отсевов. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1

Свойства необогащенных отсевов различных карьеров

Классы крупности, мм	Карьер			
	Рыбальский	Чаплинский	Любимовский	Новониколаевский
	Выход класса $\gamma, \%$	Выход класса $\gamma, \%$	Выход класса $\gamma, \%$	Выход класса $\gamma, \%$
+10,0	–	–	1,96	–
5,0-10,0	–	1,26	10,13	15,22
2,5-5,0	26,26	14,07	29,07	17,48
1,6-2,5	16,0	14,09	14,58	11,55
1,0-1,6	13,52	17,05	11,07	11,93
0,63-1,0	8,19	8,56	7,19	8,67
0,315-0,63	13,58	22,15	8,32	13,25
0,2-0,315	6,12	7,63	3,29	3,92
0,1-0,2	3,99	4,21	3,11	2,63
0,05-0,1	3,02	2,96	2,38	2,19
0-0,05	9,32	8,02	8,9	13,18
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0

Для сравнения в таблице 2 приведены результаты исследований продукции Новопапловского карьера, в котором обогащают отсев.

Свойства обогащенного отсева Новопавловского карьера	
Классы крупности, мм	Выход класса γ , %
+10,0	–
5,0-10,0	–
2,5-5,0	0,32
1,6-2,5	6,6
1,0-1,6	49,95
0,63-1,0	27,5
0,315-0,63	11,5
0,2-0,315	1,07
0,1-0,2	1,03
0,05-0,1	0,42
0-0,05	1,61
Итого	100,0

Как видно из таблицы 1, содержание в необогащенном частиц размером 0-0,2 мм составляет не более 15-17%. Содержание в обогащенном отсеве пыли и глинистых включений (табл. 2) составляет не более 2%, что удовлетворяет "Требования к продукции. Зерновой состав песка" ГОСТ 8736-77.

Для получения из отсева (табл. 1) качественного строительного песка крупностью 0,14-5 мм его необходимо промыть и отделить пыль и глинистые включения размером менее 0,14 мм. Удаление пыли и глины осуществляется путем тонкой классификации с промывкой.

Для дообогащения требуется оборудование, которое будет эффективно отделять классы крупностью менее 100-150 микрон. Серийное производство классифицирующего оборудования не соответствует технологическим требованиям. Поэтому остаются не реализованными возможности его совершенствования.

На рис. 2 приведена технологическая схема дообогащения "мокрым" способом отсевов (производительность 20 т/ч по твердому).

Отсев из отвала погрузчиком 1 транспортируется и загружается в бункер 2, откуда вибропитателем 3 направляется на грохот для крупной классификации 4, где разделяется на щебень 5-20 мм (предварительные исследования показали, что в отсеве из-за несовершенства технологий содержится до 8-10% материала крупностью 5-20 мм) и отсев крупностью 0-5 мм. Надрешетный продукт с помощью ленточного перегружателя 5 направляется на склад щебня 6 крупностью 5-20 мм, а подрешетный поступает на грохот для мелкой классификации 7. Для повышения качества песка надрешетный продукта грохотов 4 и 7 промывается с помощью брызгал обратной водой, которая подается шламовыми насосами 9 из отстойника для обратной воды 10. На грохоте 7 отсев разделяется на надрешетный продукт крупностью 0,14-5 мм и подрешетный 0-0,14 мм. Надрешетный продукт поступает на обезвоживающий грохот 11 для удаления воды, после чего ленточным перегружателем 12 отгружается на склад готовой продукции (строительного песка) 13. Подрешетный продукт грохотов 7 и 11 поступает в емкость для сбора обратной воды 14, откуда шламовым насосом 15 перекачивается в отстойник 10.

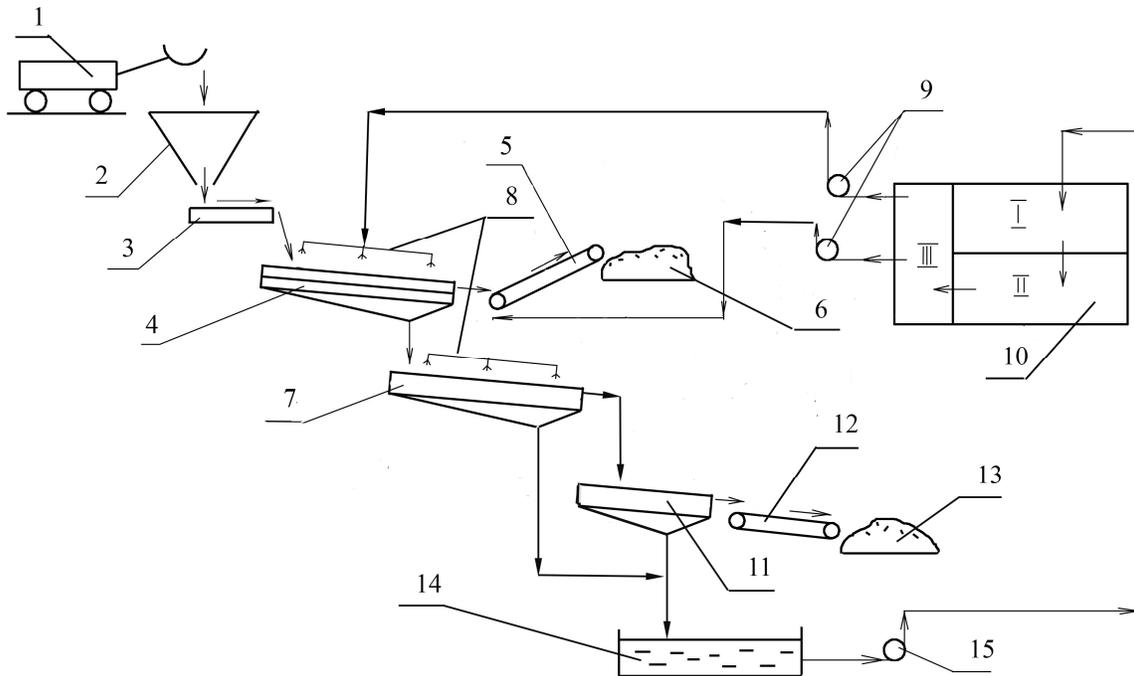


Рис. 2. Технологическая схема дообогащения отсеков "мокрым" способом:
 1 – погрузчик; 2 – бункер; 3 – вибропитатель;
 4 – грохот для крупной классификации; 5 – ленточный перегружатель ;
 6 – склад щебня 5-20 мм; 7 – грохот для мелкой классификации; 8 – брызгала;
 9 – шламовые насосы; 10 – станция очистки (отстойник для обратной воды);
 11 – обезвоживающий грохот; 12 – ленточный перегружатель;
 13 – склад песка крупностью 0,14-5 мм; 14 – емкость для сбора обратной воды;
 15 – шламовый насос

В последнее время в ИГТМ создан способ виброударного грохочения [2, 4-8], позволяющий эффективно разделять минеральное сырье как узких, так и широких классов крупности (0-10 мм). Одновременно осуществляется обезвоживание полученного продукта. В схеме (рис. 2) вместо грохота для мелкой классификации 5 и обезвоживающего грохота 6 может быть применен виброударный грохот ИГТМ новой конструкции, который совмещает эти операции, обеспечивая высокую эффективность грохочения: выход надрешетного продукта составляет 80-90%, а влажность снижается до 8-10% [10]. На данный момент ведутся проектные работы по созданию виброударного грохота новой конструкции.

В случае, когда не требуется четкая граница разделения, например, для получения из отсеков обогащенных крупных песков вместо тонкого грохочения можно использовать разработанный в институте геотехнической механики НАН Украины эффективный гидродинамический способ для тонкой классификации твердых частиц по крупности при перемещении пульпы тонким слоем (в виде пленки) с большой скоростью по вогнутой конусообразной рифленой рабочей поверхности [9, 10]. Течение воды по вогнутой поверхности может осу-

Загальні питання технологій збагачення

ществляться с относительно высокими скоростями, потому что удержание жидкости в этом случае достигается за счет центробежных сил. Чем больше скорость течения воды, тем выше центробежные силы, которые прижимают жидкость к рабочей поверхности. Крупные частицы, двигаясь в таком криволинейном потоке, ударяются о рабочую поверхность, отбрасываются с большой скоростью к открытой поверхности жидкости и, преодолевая поверхностное натяжение, покидают воду. Мелкие частицы не могут преодолеть силы поверхностного притяжения, поэтому остаются в жидкости и уносятся вместе с нею в слив. Для повышения эффективности извлечения воды на вогнутой конусообразной поверхности наносят рифления (горизонтальные кольцевые канавки, расположенные поперек тока воды). При столкновении со стенками канавок происходит выброс частиц из жидкости.

Устройство для реализации способа (гидродинамический классификатор) [9, 10] позволяет эффективно разделять отсев на два класса обогащенный песок и отходы. Граничная крупность разделения составляет +0,5 мм (рис. 3).

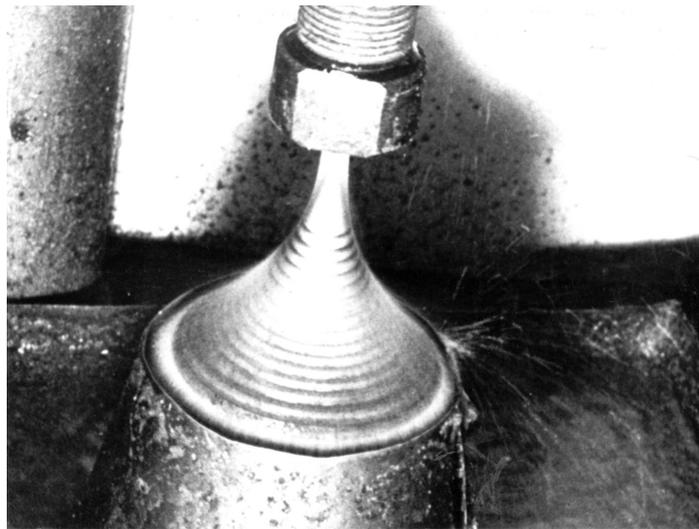


Рис. 3. Гидравлическая классификация тонкозернистых материалов по крупности при течении пульпы по вогнутой конусообразной рифленой рабочей поверхности

Полученные в институте геотехнической механики НАН Украины результаты [9, 10] показали возможность извлечения из пульпы частиц крупностью 0,5-1,0 мм на 85-95%, а частицы более 1 мм извлекаются практически полностью.

Разработан ряд типоразмеров конусного классификатора для широкого диапазона использования. Для данных условий эксплуатации из этого ряда выбираются и рассчитываются по установленным закономерностям оптимальные конструктивные и гидродинамические параметры [11].

Эффективная, надежная, экономичная машина для гидравлической классификации или удаления из жидкости тонкозернистых твердых частиц.

Область применения этого эффективного, надежного, экономичного уст-

ройства:

- переработка отходов добычи и обогащения (строительные пески, шламы и т.п.);
- переработка отсевов для получения качественных строительных песков;
- переработка россыпных месторождений;
- очистка жидкостей от твердых включений;
- классификация тонкозернистых материалов;
- защита от засорения классифицирующего оборудования с узкими рабочими зазорами, использующего для удаления продуктов разделения обратную воду;
- перечистка песков гидроциклонов для снижения их замельченности (рис. 4).

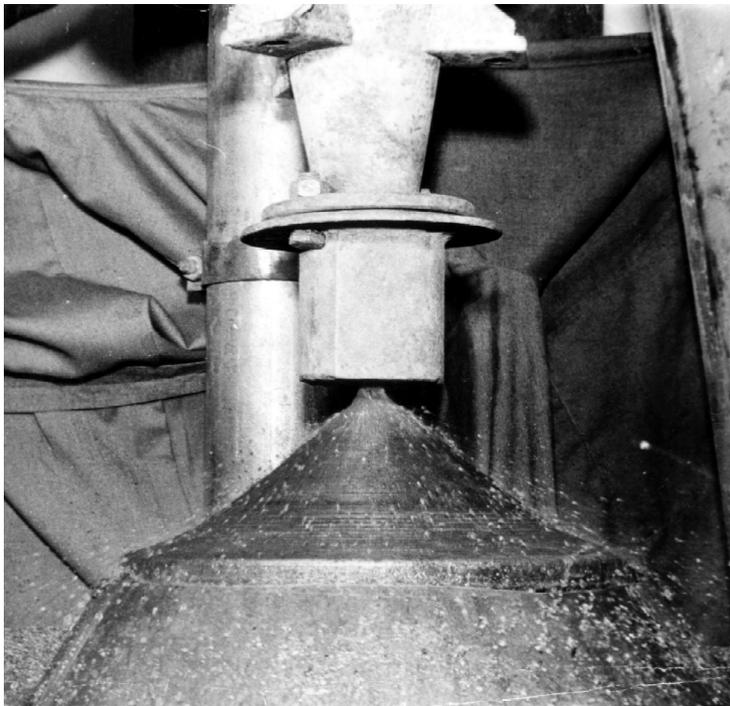


Рис. 4. Классификация песков гидроциклона в гидравлическом пленочном конусном классификаторе

Выполненные в ИГТМ НАН Украины экспериментальные исследования [9] показали, что за счет применения конусного классификатора замельченность песков гидроциклона по классу $-0,3$ мм снижается более чем на 30%. Это позволяет в песках гидроциклона отделить готовый продукт и направить его далее в процесс переработки, а также снизить циркуляционную нагрузку на мельницу.

Наилучшим решением является комплексное использование отходов обогащения, что позволяет высвободить большие земельные участки. По имеющимся в литературе сведениям отходы обогащения отсевов при соответствующей

Загальні питання технологій збагачення

щем технико-экономическом обосновании можно использовать при приготовлении растворов, минерального порошка, а также при изготовлении керамических плиток, кирпича, канализационных труб взамен глины и т.п. Отходы обогащения отсевов в виде каменной пыли служат ценным источником получения микроэлементов минеральных веществ и могут быть использованы в качестве минеральных удобрений и для улучшения структуры почв.

Таким образом, отходы, образующиеся в процессе производственной деятельности карьеров, представляют собой ценное строительное сырье.

Дообогащение отходов из текущего производства и отвалов позволит получить полезный продукт и предоставить его потребителю, что значительно увеличит прибыль добывающих и перерабатывающих предприятий. Расчистка отвалов позволит использовать освобождающиеся площади для повторного использования.

Разработан способ оценки качества песков, на основе которого создана новая технология их обогащения, включающая:

- выбор и аналитический расчет зоны классов крупности песка (граница разделения), позволяющий получить песок с заданным модулем крупности;
- разработка технологической схемы и выбор оборудования;
- разделение отсева на обогащенный песок и отходы с помощью вибрационного грохочения (когда требуется четкая граница разделения) или гидродинамической классификации (например, для получения крупных песков);
- обезвоживание готового продукта.

Использование этой технологии позволит из отсевов получить сырье для строительства, значительно улучшить качество строительных смесей и снизить их себестоимость.

Список литературы

1. Лукашева Т.Т. Технология и оборудование для классификации и обогащения строительных песков / Т.Т. Лукашева // Горный журнал. – 2009. – № 6. – С.76-77.
2. Лапшин Е.С. Результаты разделения по крупности и обезвоживания строительных песков новым способом // Е.С. Лапшин, А.И. Шевченко / Сб. науч. трудов ИГТМ НАН Украины: "Геотехническая механика". – Днепропетровск, 2013. – Вып. 109. – С. 63-73.
3. Патент України № 88246, МПК⁷, В03 В 7/00. Спосіб переробки шламів із накопичувачів. Надутий В.П., Шевченко О.І.; заявник и патентовласник Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – № а200811471; Заявл. 23.09.2008; Опубл. 25.09.2009; Бюл. № 18.
4. Лапшин Е.С. Пути интенсификации обезвоживания минерального сырья на вибрационных грохотах / Е.С. Лапшин, А.И. Шевченко // Збагачення корисних копалин : Наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 47(88). – С. 144-151.
5. Шевченко А.И. Интенсификация разделения по крупности и обезвоживания минерального сырья при новом способе виброударного грохочения // Збагачення корисних копалин : Наук.-техн. зб. – 2013. – Вип. 54(95). – С. 157-166.
6. Пат. № 65469 Україна, МПК В 07В 1/40. Спосіб грохочення та зневоднювання мінеральної сировини, що важко класифікується. Надутий В.П., Лапшин Є.С., Шевченко О.І. ; заявник та патентовласник ІГТМ НАН України. – № u 2011 05325 ; заявл. 26.04.2011 ; опубл.

12.12.2011, Бюл. № 23. – 4 с.

7. Пат. № 67194 Україна, МПК В 07В 1/40. Спосіб грохочення та зневоднювання матеріалів, що важко класифікуються Надутий В.П., Лапшин Є.С., Шевченко О.І. ; заявник та патентовласник ІГТМ НАН України. – № у 2011 07943 ; заявл. 23.06.2011 ; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 3. – 4 с.

8. Пат. № 77362 Україна, МПК В 07В 1/40. Спосіб розділення за крупністю та зневоднювання сипучого матеріалу, який важко класифікується. Надутий В.П., Лапшин Є.С., Шевченко О.І. ; заявник ІГТМ НАН України. – № у 2012 09458 ; заявл. 02.08.2012 ; опубл. 11.02.2013, Бюл. № 3. – 4 с.

9. Шевченко А.И. Снижение граничной крупности пленочной классификации тонкозернистых материалов путем совершенствования профиля рабочей поверхности // Геотехническая механика: сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 1997. – Вып. 3. – С. 184-186.

10. Шевченко А.И. Переработка угольных шламов с помощью гидравлического конусного классификатора с вогнутой рифленой рабочей поверхностью // Геотехническая механика: сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2008. – Вып. 74. – С. 14-21.

11. Шевченко А.И. Методика расчета конусного смывного устройства и режимов его работы // Геотехническая механика: сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины – Днепропетровск, 2002. – Вып. 36. – С. 209-218

© Шевченко А.И., 2017

*Надійшла до редколегії 12.02.2017 р
Рекомендовано до публікації д.т.н. М.С. Четвериком*