

основи для подальшого використання території в новому функціональному призначенні при визначенні інвестиційних пріоритетів в розвитку населених пунктів.

#### Список літератури

1. Баб'як Н.М. Закономірності міграції важких металів у системі «грунт - рослина» в зоні законсервованого звалища твердих побутових відходів // Вісник: 36. наук, праць. - Житомир, 2003. - Вип. 2. - С. 212 - 217.
2. Вайсман Я.М., Коротаев В.Н., Армишева Г.Т. Повторное использование площадей полигонов // Твердые бытовые отходы: научно-практический журнал. - 2007. - №3. - С. 4 - 6.
3. Джайн П., Ким Х., Таусенд Т. Содержание тяжелых металлов в полигонном грунте // Твердые бытовые отходы: научно-практический журнал. - 2007.-№3.-С.48 -58

Рукопис подано до редакції 21.03.13

УДК 531.53 (076.5)

С.В. ПОВАР, канд. пед. наук, доц., ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

### МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ КРУГОВОГО СЕРПА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ НА РУДНИЧНЫХ ВОДО- И ГАЗОПРОВОДАХ

Для использования в инженерных расчетах предлагается метод вычисления площади серпа, образованного частичным перекрытием двух одинаковых кругов (а также перекрытой части кругов, сегмента и сектора круга). Разработана таблица соответствия фаз перекрытости диаметров и фаз перекрытости площади круга. Предложена формула зависимости фаз от количества невведенных витков ленточной резьбы задвижки.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** На современном этапе развития компьютерных технологий и АСУ в практике эксплуатации водо- и газопроводов на рудниках (и не только) используются всевозможные датчики и исполнительные механизмы с целью контроля и регулирования различных технологических параметров. Однако можно обнаружить ряд противоречий между потребностью предприятий и недостаточной разработанностью методов, используемых в инженерных расчетах.

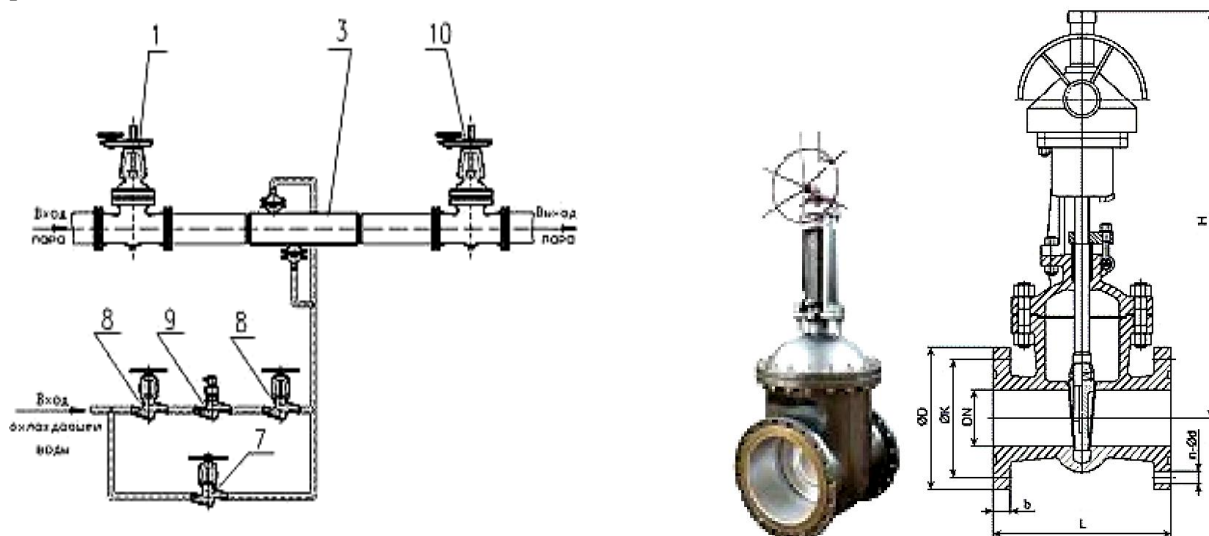
**Анализ литературных источников.** При выполнении некоторых реальных дипломных работ выпускники обращаются к преподавателям математики, физики с просьбой помочь разыскать подходящие формулы для инженерных расчетов.

В частности, не могут найти ни в справочниках, ни в сети интернет формулу площади серпа, образованного при частичном перекрытии двух одинаковых кругов. И остаётся «считать клеточки».

В поисках такой формулы просмотрено ряд справочников и учебных пособий. Подходящей только для начала расчета оказалась формула площади сегмента (см. формулу (8)).

Нетрадиционные подходы к решению проблемы (средствами геометрии и средствами интегрального исчисления) изложены автором в публикации [1].

**Постановка задачи.** Так как на многих рудниках функционируют водо- и газопроводы, установленные много лет назад (как на рис. 1), используется арматура в виде задвижек, как на рис. 2.



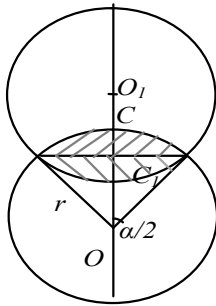
**Рис. 1.** Схема охладительной установки: 1 - задвижка; 3 - охладитель пара; 7 - вентиль игольчатый; 8 - вентиль запорный; 9 - клапан регулирующий (вода); 10 - задвижка

**Рис. 2.** Задвижка стальная круговая

В случае частичного перекрытия потока среды тарелкой задвижки остается зазор - назовем его *серп*. От величины его площади зависят многие технологические показатели.

Требуется вывести формулу площади серпа  $S_{\text{серпа}}$  (а также перекрытой части кругов, сегмента и сектора круга) и выбрать ее наиболее оптимальный вариант, требующий минимум доступных замеров и минимум вычислений.

**Изложение материала и результаты.** Случай частичного перекрытия трубопровода задвижкой схематически покажем рис. 3.



**Рис. 3** Частичное перекрытие двух кругов одного размера

*Фаза неперекрываемости диаметров* тарелки задвижки и трубы (патрубка) - это отношение длины неперекрываемой части диаметра круга ( $\Delta d_{\text{непер}} = C_1C_2$ ) к длине диаметра круга ( $d = CC_2$ )

$$\varphi = \frac{\Delta d_{\text{непер}}}{d}, \quad (1)$$

$$\varphi = \frac{C_1C_2}{CC_2} = \frac{CC_2 - 2CB}{CC_2} = \frac{2 \cdot \left( \frac{CC_2}{2} - CB \right)}{2CO} = \frac{BO}{CO} = \frac{BO}{r} = \cos \frac{\alpha}{2},$$

то есть

$$\varphi = \cos \frac{\alpha}{2}. \quad (2)$$

$A_1BA$

Отсюда

$$\alpha = 2 \arccos \varphi. \quad (3)$$

$$\text{Тогда } \sin \alpha = 2 \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2\varphi \sqrt{1 - \varphi^2}, \quad C_2$$

то есть

$$\sin \alpha = 2\varphi \sqrt{1 - \varphi^2}. \quad (4)$$

Теперь выведем удобную формулу *площади сегмента* ( $ACA_1BA$  на рис. 3).

Для этого в *традиционную* формулу площади сегмента круга

$$S_{\text{сегм}} = \frac{1}{2} r^2 (\alpha - \sin \alpha), \quad (5)$$

где  $\alpha$  - в радианах, подставляем формулы (3), (4)

$$S_{\text{сегм}} = \frac{1}{2} r^2 (2 \arccos \varphi - 2\varphi \sqrt{1 - \varphi^2}),$$

получим

$$S_{\text{сегм}} = r^2 (\arccos \varphi - \varphi \sqrt{1 - \varphi^2}). \quad (6)$$

Тогда *площадь перекрытой части круга* ( $ACA_1C_1A$  на рис.3) будет  $S_{\text{пер}} = 2S_{\text{сегм}}$ , то есть

$$S_{\text{пер}} = 2r^2 (\arccos \varphi - \varphi \sqrt{1 - \varphi^2}). \quad (7)$$

Неперекрываемая часть круга - это *серп*. Выведем удобную формулу *площади серпа* ( $AC_1A_1C_2A$  на рис. 3)  $S_{\text{серпа}} = S_{\text{круга}} - S_{\text{пер}}$ , то есть

$$S_{\text{серпа}} = r^2 (\pi - 2 \arccos \varphi + 2\varphi \sqrt{1 - \varphi^2}). \quad (8)$$

Процедуру вычисления площадей  $S_{\text{пер}}$  и  $S_{\text{серпа}}$  можно упростить, введя *фазу неперекрываемости площади круга*

$$\varphi_s = \frac{S_{\text{серпа}}}{S_{\text{круга}}} \quad (9)$$

или  $\varphi_s = \frac{S_{\text{круга}} - S_{\text{пер}}}{S_{\text{круга}}} = 1 - \frac{S_{\text{пер}}}{S_{\text{круга}}}$ , откуда

$$\varphi_s = 1 - \frac{2}{\pi} (\arccos \varphi - \varphi \sqrt{1 - \varphi^2}). \quad (10)$$

Из формулы (9) имеем

$$S_{\text{серпа}} = \varphi_s \cdot S_{\text{круга}} \quad (11)$$

Зависимость (10) можно протабулировать. При  $\varphi \in [0;1]$  с шагом 0,05 получаем табл. 1 и график зависимости  $\varphi_s(\varphi)$ , рис. 4.

Таблица 1

Зависимость фазы перекрытости  $\varphi_s$  площади круга от фазы неперекрывости  $\varphi$  его диаметра

$\varphi$	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$\varphi_s$	0	0,064	0,127	0,190	0,253	0,315	0,376	0,436	0,495	0,553	0,609
$\varphi$	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	
$\varphi_s$	0,663	0,715	0,765	0,812	0,856	0,896	0,932	0,963	0,987	1,000	

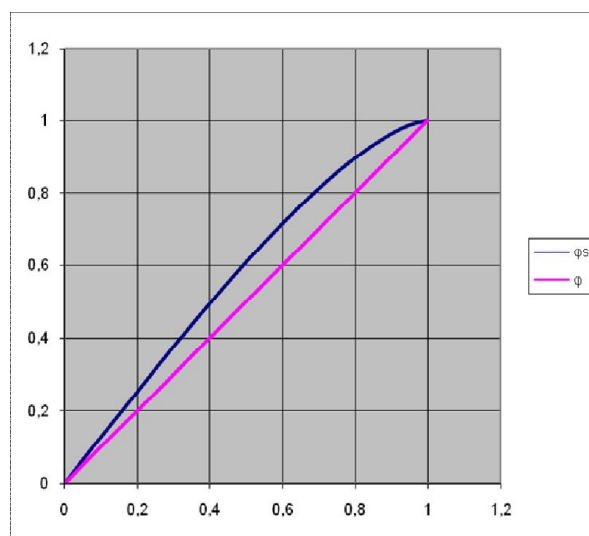


Рис. 4. График зависимости фазы перекрытости  $\varphi_s$  площади круга от фазы неперекрывости  $\varphi$  его диаметра

Теперь, зная  $d$  и  $\Delta d_{\text{непер}}$ , вычислив их отношение  $\varphi$  по формуле (1) и  $\varphi_s$  по табл. 1, легко найти *площадь серпа* по формуле (11).

Например,  $d=1$  м,  $\Delta d_{\text{непер}}=0,5$  м. Имеем  $\varphi=0,5$ , по табл. 1 находим  $\varphi_s=0,61$ , тогда  $S_{\text{серпа}} = \varphi_s \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 0,61 \cdot 0,79 = 0,48$  м<sup>2</sup>.

Бывают случаи уменьшения просвета труб на их стыке, например, при сварочном их соединении, что может повлиять на объем подачи вещества, на скорость его движения (турбулентность движения чревата последствиями). В таких случаях уместно проводить соответствующие расчеты. Для определения площади просвета  $S_{\text{пер}}$  воспользуемся такими показателями, как *фаза перекрытости кругов* (их площадей)  $\Phi_s$

$$\Phi_s = \frac{S_{\text{пер}}}{S_{\text{круга}}} \quad (12)$$

и *фаза перекрытости диаметров*  $\Phi$

$$\Phi = \frac{\Delta d_{\text{непер}}}{d}, \quad (13)$$

где  $\Delta d_{\text{непер}} = d - \Delta d_{\text{непер}}$ .

Учитывая выражение (1), имеем  $\Phi = 1 - \varphi$ . (14)

Аналогично  $\Phi_s = 1 - \varphi_s$ . (15)

Значит, имея табл. 1, можем составить таблицу значений  $\Phi$  и  $\Phi_s$ , с помощью которой можно найти  $S_{\text{пер}}$  из (12)

$$S_{\text{пер}} = \Phi_S \cdot S_{\text{круга}}$$

Так как  $S_{\text{пер}} = S_{\text{круга}} - S_{\text{серпа}}$ , то

$$S_{\text{пер}} = (1 - \varphi_S) \cdot S_{\text{круга}} \quad (16)$$

Например, если известна фаза перекрытия кругов  $\Phi = 0,5$ , то по такой таблице будет  $\Phi_S = 0,39$ . Тогда площадь перекрытой части круга  $S_{\text{пер}} = \Phi_S \cdot S_{\text{круга}} = 0,39 \cdot S_{\text{круга}}$

Примечание. Без такой таблицы можно обойтись, используя табл. 1 при  $\varphi = 1 - \Phi = 1 - 0,5 = 0,5$  имеем  $\varphi_S = 0,61$ ; тогда  $\Phi_S = 1 - \varphi_S = 0,39$  и  $S_{\text{пер}} = 0,39 \cdot S_{\text{круга}}$ .

Как уже отмечалось, в практике эксплуатации водо- и газопроводов часты случаи частичного перекрытия потока среды задвижками. В случае недоведения  $n$  витков (из  $N$ ) ленточной резьбы винта задвижки, можно через их отношение определить фазу неперекрываемости диаметров трубы (патрубка) и тарелки задвижки

$$\varphi = \frac{\Delta d_{\text{непер}}}{d} = \frac{n}{N} \quad (17)$$

*Рассмотрим пример.* Как изменится водорасход  $Q$  через трубу данного диаметра (без стабилизации давления), если ее частично перекрывает тарелка задвижки при недоведении  $n$  витков из  $N$  ленточной резьбы винта задвижки?

Измененный расход воды  $Q_1 = \Phi_S \cdot Q$ , где  $\Phi_S = 1 - \varphi_S$ . Вычислив  $\varphi = \frac{n}{N}$ , по табл. 1 находим  $\varphi_S$ .

Тогда  $Q_1 = (1 - \varphi_S) \cdot Q$  и  $\Delta Q = Q_1 - Q = -\varphi_S \cdot Q$ .

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Преимущества предложенного метода состоят в простоте реализации алгоритма вычислений площади  $S_{\text{серпа}}$ :

измерение  $d$  и  $d_{\text{непер}}$  (либо  $d_{\text{пер}}$ );

вычисление фазы  $\varphi = \frac{\Delta d_{\text{непер}}}{d}$  неперекрываемости диаметров;

определение фазы  $\varphi_S$  неперекрываемости площадей кругов по табл. 1;

вычисление  $S_{\text{серпа}} = \varphi_S \cdot \frac{\pi d^2}{4}$ ,

то есть два измерения линейкой (диаметр и его неперекрываемую либо перекрытую часть), одно обращение к таблице и элементарные арифметические вычисления.

Если же использовать только традиционную формулу (5) площади сегмента (не говоря уже о дальнейшей цепочке вычислений), то кроме линейки придется для определения угла  $\alpha$  использовать транспортир, что весьма проблематично в условиях производства, переводить градусы в радианы, находить значение  $\sin \alpha$ .

Материал этой статьи может быть рекомендован как дополнение к учебникам по горной механике (и не только, ибо в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства, медицины и др. очень часты задачи определения площадей  $S_{\text{серпа}}, S_{\text{пер}}, S_{\text{сегм}}, S_{\text{сектора}}$ ).

Автор надеется, что представленная математическая модель в скором времени будет использована:

при изучении реальных процессов;

в инженерных расчетах при планировании технологических процессов;

в целях оптимизации реагирования на отклонения в системах рудничных водо- и газопроводов (и не только).

### Список литературы

1. **Повар С.В.** З досвіду інтеграції знань з фізики і математики у позаурочній роботі / Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики // Зб. наук. праць: У 3-х томах. – Кр.Ріг: Вид. відділ НацМетАУ, 2002. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – С. 258-263.
2. **Повар С.В.** Нетрадиційний підхід до обчислення площі кругового сегмента та серпа через фази перекритості двох кругів одного діаметра // Математика в школі, 2003. – №7. – С. 15 – 21.
3. Задачі з астрономії та фізики, складені за фотографіями затемнення Сонця Фізика та астрономія в школі. – 2009. - №5. – С. 28-29.
4. **Погорелов А.В.** Геометрія. Стереометрія: Підручник для 10-11 кл. середньої школи. – К.: Освіта, 1994. – 328 с.

5. Бевз Г.П., Фильчаков П.Ф., Швецов К.И., Яремчук Ф.П. Справочник по элементарной математике. – К.: «Наукова думка», 1972. – 528 с.
6. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов. – М.: Гос. изд. техн.-теорет. литературы, 1957. – С. 169.
7. Выгодский М.Я. Справочник по элементарной математике. – М.: Госиздат, 1960. – С. 294.
8. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: «Наука», 1968. – 720 с.
9. Рывкин А.А., Рывкин А.З. Справочник по математике. – М.: Высшая школа, 1967. – 480 с.
10. Справочник по элементарной математике. Геометрия, тригонометрия, векторная алгебра / под ред. Фильчакова П.Ф. – К.: «Наукова думка», 1967. – С. 127.
11. Цыпкин А.Г., Пинский А.И. Справочное пособие по методам решения задач по математике. – М.: «Наука», 1984. – 416 с.
12. Цыпкин А.Г. Справочник по математике. – М.: «Наука», 1988. – 432 с.
13. Киселев В.И. Горная механика. – М.: Металлургиздат, 1952. – 628 с.
14. Глухенький Т.Е. Станционные трубопроводы, их изготовление и монтаж. – М.: «Энергия», 1977. – 414 с.
15. Деньгуб Т.В. Исследование дросселирующего свойства лучевой диафрагмы в аспирационном воздуховоде. / Разраб. рудн. месторожд. - Кривой Рог: КНУ, 2008.- Вып. 92. – С. 247-251.
16. Патент на корисну модель №35748 МПК E21F5/00. Променева діафрагма. Авт. Голишев О.М., Деньгуб Т.В., Шаповалов В.А. Опубл. 10.10.2008, бюл. №19.
17. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: «Машиностроение», 1975. – 559 с.
18. Идельчик И.Е. Аэрогидродинамика технологических аппаратов. (Подвод, отвод и распределение потока по сечению аппаратов). – М.: «Машиностроение», 1983. – 351 с.
19. Быстров П.И., Михайлов В.С. Гидродинамика коллекторных теплообменных аппаратов. – М.: Энергоатомиздат, 1982.
20. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчётам. – М.: Энергия, 1976.

Рукопис подано до редакції 21.03.13

УДК 622.271.3

І.Є. ГРИГОР'ЄВ, канд. техн. наук, доц., ДВНЗ «Криворізький національний університет»

## АНАЛІЗ НАУКОВО-МЕТОДИЧНОЇ БАЗИ ПРОЕКТУВАННЯ ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами.** Глобальні зміни умов господарювання та трансформаційні процеси переходу до ринкових умов привели до зниження конкурентоспроможності гірничовидобувних підприємств України. Для підвищення ефективності їх функціонування необхідно суттєво підвищити надійність проектних рішень за рахунок застосування сучасних динамічних методів їх оцінки.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Основною особливістю функціонування гірничовидобувних підприємств є їх висока капіталомісткість, строк їх існування. Основою їх успішної роботи є надійність і ефективність рішень, які були закладені при проектуванні гірничих робіт у кар'єрі [1].

Тому аналіз діючої бази проектного забезпечення будівництва, розвитку, функціонування, реконструкції та рекультивациі кар'єрів на всіх етапах його життєвого циклу є важливою складовою вирішення проблеми підвищення конкурентоспроможності вітчизняних гірничовидобувних підприємств.

Створення та розвиток основ теорії проектування відкритих гірничих робіт в кар'єрах можна розділити на кілька характерних етапів.

До першого етапу створення теорії проектування кар'єрів можна віднести період, який тривав з 1920-1930 рр. і до середини 50-х років ХХ століття. Протягом цього періоду були сформульовані принципи і методи проектування кар'єрів, які базуються в основному на залежностях, отриманих дослідним шляхом. Перші наукові підходи до проектування кар'єрів були закладені в наукових роботах гірничих інженерів В.С. Бондаря, М.І. Гобермана, І.А. Кузнецова, С.І. Пилівської, А.І. Стешенко, які виявляли і досліджували фактори, що впливають на ефективність відкритої розробки, і запропонували аналітичні методи визначення границь кар'єрів. Основи теорії проектування гірничих підприємств з застосуванням математичних методів були закладені в працях Б.І. Бокія, О.О. Скочинського, М.М. Протодьяконова, А.М. Терпигорева, Л.Д. Шев'якова і ряда інших вчених. Розвиток теорії проектування відкритих розробок в 40-50 рр. пов'язаний з іменами професорів П.І. Городецького, Є.Ф. Шешко, А.В. Бричкина, Б.П. Боголю-