

Міністерство аграрної політики України



П Р А Ц І

Таврійської державної
агротехнічної академії

Випуск 38

Наукове фахове видання

Мелітополь – 2006 р.

УДК 541.311:614.84

ДО РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТЕХНІЧНИХ РІДИН

Просвірнін В.І. д.т.н.

Масюткін Є. П. к.т.н.

Гулевський В.Б., інж.

Красавчіков М.В., інж.

Таврійська державна агротехнічна академія

Тел. (06192) 42-23-41

Анотація – вивчення коагуляції частинок в локальному магнітному полі

Ключові слова – технічні рідини, домішки

Постановка проблеми: В АПК широко застосовуються технічні рідини; в процесі експлуатації, в них накопичуються продукти окислення, зносу та ін., які приводять до порушення технологічних процесів. Технічні рідини, що містять забруднені домішки та не задовольняють вимогам, які пред'являються, до чистоти повинні бути замінені свіжими. Відпрацьовані технічні рідини, як правило, не піддають регенерації, що економічно не вигідно. Завдання збору, очищення і відновлення технічних рідин відносяться як до проблеми ресурсозбереження, так і до охорони навколишнього середовища [1,2].

Аналіз попередніх досліджень: Механічні забруднення відпрацьованих технічних рідин мають різну природу. Встановлено, що від 20 до 95% від загальної кількості забруднень відпрацьованих технічних рідин припадає на частку частинок, що володіють магнітними властивостями (моторні масла $\approx 20\%$, мастильно - охолоджувальні рідини $\approx 95\%$), що в свою чергу дозволяє визначити напрям у виборі технологій їх витягання, наприклад, експериментально підтверджено, що при накладенні магнітного поля швидкість осадження частинок зростає в 25 -30 разів [3].

Проведені до теперішнього часу дослідження по застосуванню магнітного поля для інтенсифікації очищення рідин від магнітних частинок в основному, експериментального плану і практично не містять рекомендацій і методів розрахунку апаратів (зокрема фільтрів) з магнітним полем, особливо за наявності явища коагуляції.

Формування мети статті (постановка завдання): Полягає в розробці алгоритму розрахунку електромагнітних фільтрів з урахуванням явища коагуляції.

Основна частина: Використання магнітного поля в технологічних схемах регенерації технічних рідин засноване на його взаємодії з частинками, які володіють магнітними властивостями. Це підтверджується різноманітними конструкціями магнітних фільтрів (постійні магніти, електромагніти) різного призначення (очищення конденсату на ТЕС і АЕС, стічних вод на металургійних підприємствах та ін.). Окрім магнітних частинок магнітні фільтри уловлюють також зчеплені з ними і немагнітні. Ступінь уловлювання магнітних частинок фільтрами по великій досягає від 0,3 до 0,5 мкм. На рис. 1 – 5 приведені деякі конструкції магнітних та електромагнітних фільтрів.

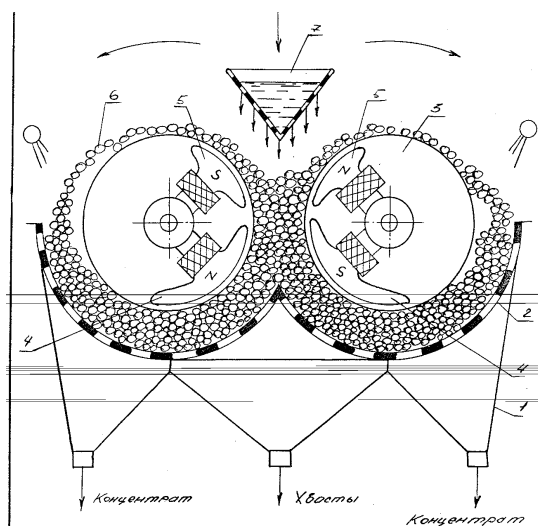


Рис. 1 Двох барабанний магнітний фільтр-сепаратор [4]
 1 – ванна; 2 – гуркіт; 3 – барабани з немагнітного матеріалу; 4 – магнітна система; 5 – додаткові магніти; 6 – феромагнітна засипка; 7 – пристрій для подачі продукту.

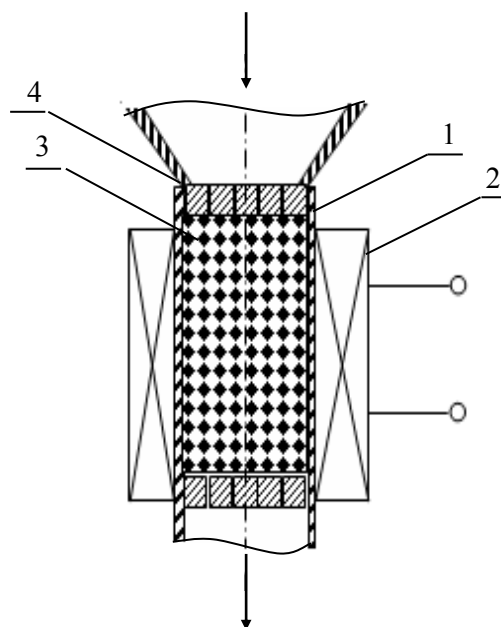


Рис 2 – Магнітний фільтр [5]
 1 – корпус; 2 – котушка; 3 - феромагнітна засипка; 4 – перфоровані полюси

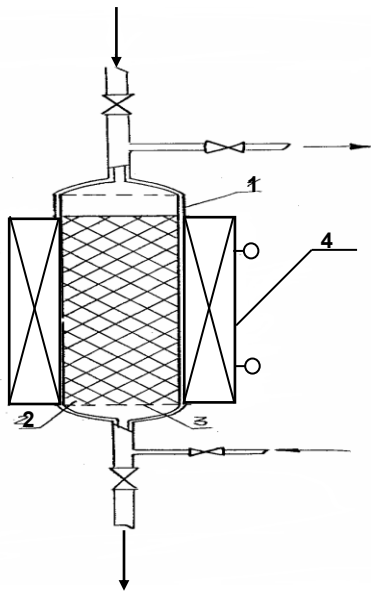


Рис. 3. Электромагнитный фильтр [6]
1 – корпус; 2 – ферромагнитная засипка; 3 – ситовидное дно; 4 – катушка.

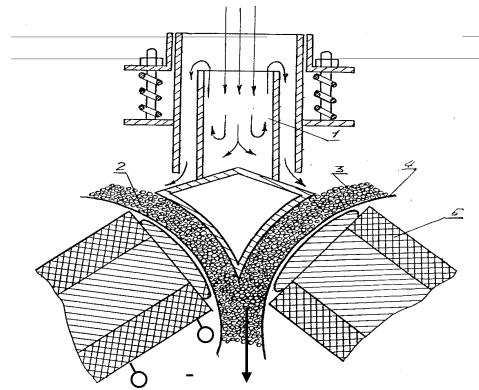


Рис. 4. Двух барабанный поле градиентный магнитный сепаратор [7]
1 – живильник; 2 – клиновидный розподільник; 3 – ферро магнітна засипка; 4 – барабани; 5 – магнітна система.

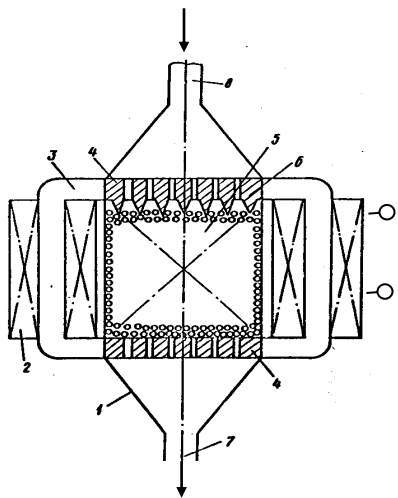


Рис. 5. Электромагнитный фильтр [8]
1 – корпус; 2 – электромагнитная катушка; 3 – П-образный магнито провод; 4 – перфоровані диски магніто проводи; 5 – ферромагнітна засипка; 6 – зубчата; 7 – входна труба; 8 – відвідна труба.

З аналізу конструкцій фільтрів (рис. 1 - 5) виходить, що основними елементами є: джерело живлення, обмотки, корпус, ферромагнітна насадка, входні і вихідні патрубки, але головним елементом конструкції є робоча зона, в якій фільтруючий елемент “ферромагнітна за-

сипка”, пронизується магнітним потоком.

Складність явищ і процесів, що відбуваються в робочій зоні і недостатнє їх вивчення, стримує широке застосування магнітних фільтрів.

З метою повнішого розкриття явищ і процесів пропонується наступний алгоритм розрахунку магнітних фільтрів (рис. 6).

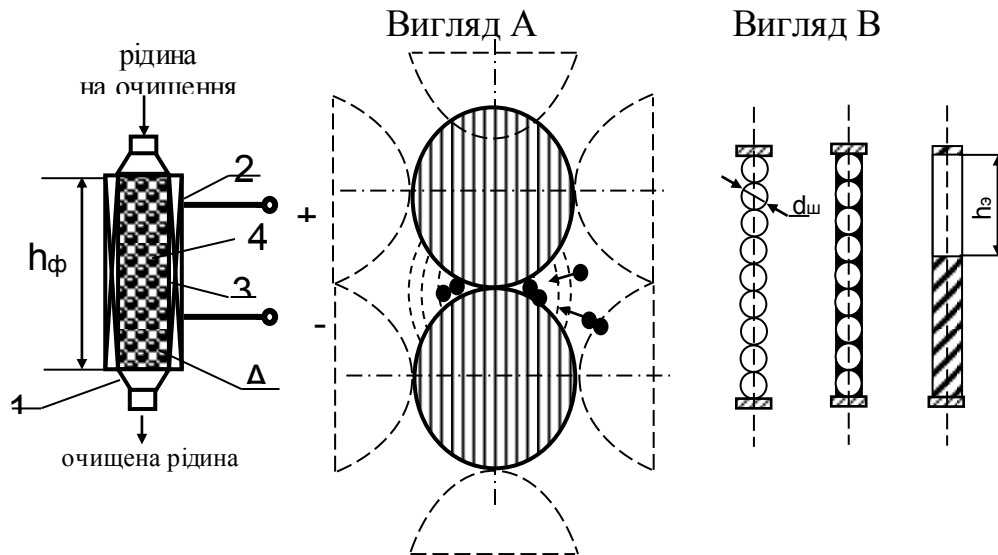


Рис 6. Схема очищення технічних рідин магнітним фільтром
1 – корпус; 2 – обмотка, 3 – робоча зона, 4 – феромагнітна засипка

Оскільки в робочій зоні розташовані феромагнітні засипки у вигляді сферичних тіл, що перерозподіляють енергію магнітного поля, (вигляд А, рис. 6), утворюються локальні зони з підвищеною напруженістю навколо точок контакту тіл.

При русі рідини загальний її потік розбивається на невеликі струмені, що переміщуються через ці зони багато разів (вигляд В, рис. 6), що сприяє закріпленню частинок в локальних робочих зонах, де напруженість поля приблизно в 3 рази вище в порівнянні з робочою зоною фільтру без магнітних тіл [2].

У [9,10] описаний алгоритм розрахунку таких фільтрів. В (1) включені вирази для визначення грязі місткості G , часу регенерації τ_p фільтруючого елементу і гідравлічного опору Δp і ін.

$$\begin{aligned}
1.1 \quad C_{\text{вих}} &= C_{\text{вх}} \cdot \exp\left(-\frac{2 \cdot u \cdot h_{\phi}}{n_m \cdot (r_m - r_k) \cdot v}\right); \\
1.2 \quad \mathcal{E}_{\text{он}} &= \frac{C_{\text{вх}} + C_{\text{вих}}}{C_{\text{вих}}} = 1 - \exp\left(-\frac{2 \cdot u \cdot h_{\phi}}{n_m \cdot (r_m - r_k) \cdot v}\right); \\
1.3 \quad U &= \frac{\pi \cdot \mu_0 \cdot \chi_m \cdot d \cdot H^2}{6 \cdot \eta_c \cdot d_m}; \quad 1.4 \quad h_{\phi} = \frac{h_{\phi}}{3}; \\
1.5 \quad n_m &= \frac{d_{\phi}^2}{d_m^2}; \\
1.6 \quad \Gamma &= \frac{\pi \cdot d_{\phi}^2}{8} h_{\phi} \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \cdot \rho_{\text{н.в.}}; \quad 1.7 \quad \tau_p = \frac{\Gamma}{C_{\text{вх}} \cdot Q \cdot \mathcal{E}};
\end{aligned} \tag{1}$$

де U, v - швидкості руху частинок і рідини у фільтрі відповідно, м/с; $\rho_{\text{н.в.}}$ - насипна вага твердої фази, кг/м³; η_c - в'язкість середовища, Па·с; ρ_c - щільність середовища, кг/м³; χ_m - магнітна сприйнятливість частинок, м³/кг; $C_{\text{вх}}$ - вхідна концентрація частинок, кг/м³; $C_{\text{вих}}$ - вихідна концентрація частинок, кг/м³; Q - подача по рідині, м³/с; \mathcal{E} - ступінь очищення %; d_m - діаметр куль у фільтрі, м; h_{ϕ} - висота фільтру, м; d_{ϕ} - діаметр фільтру, м; n_m - кількість феромагнітних частинок в записці.

Взаємодія частинок в локальній робочій зоні описується рівнянням (рис 7 а, б).

а)

б)
$$\begin{aligned}
2.1 \quad F_1 &= m_1 \cdot a_1 = \bar{F}_{C1} + \bar{F}_{K1}; & 2.2 \quad F_c &= -3 \cdot \pi \cdot d \cdot \eta_c \cdot U_{K1}; \\
2.3 \quad F_2 &= m_2 \cdot a_2 = \bar{F}_{C2} + \bar{F}_{K2}; & 2.4 \quad F_k &= \frac{4 \cdot \pi \cdot M_1 \cdot M_2}{\mu_0 \cdot \mu_c \cdot R_k^2}; \\
2.5 \quad m_1 \cdot \frac{d\bar{U}_{K1}}{dt} &= \bar{F}_{C1} + \bar{F}_{K1}; & 2.6 \quad m_2 \cdot \frac{d\bar{U}_{K2}}{dt} &= \bar{F}_{C2} + \bar{F}_{K2}; \\
2.7 \quad \frac{d\bar{y}_1}{dt} &= \bar{U}_{K1}; & 2.8 \quad \frac{d\bar{y}_2}{dt} &= \bar{U}_{K2};
\end{aligned} \tag{2}$$

Рис. 7. Взаємодія частинок в локальній робочій зоні магнітного фільтру
а) розташування частинок в магнітному полі;
б) система рівнянь розрахунку фільтру

де d – розмір частинок, м; U_{ki} – швидкість коагуляції частинок, F_k – сила магнітної коагуляції; F_c – сила опору середовища; m – маса частинки, м; R_k – відстань між частинками, м, y_1 і y_2 – значення шляху переміщення частинок

Проте в (1) не враховане явище коагуляції, яке при певних концентраціях частинок грає основну роль в підвищенні ступеня очищення технічних рідин

Результати рішення рівняння (2) дозволили доповнити (1) виразами, коагуляції частинок, що враховують явище, в локальній зоні, тоді кінцевий ступінь очищення і інші параметри з урахуванням коагуляції частинок, визначається алгоритмом (3):

$$\begin{aligned}
 3.1 \quad C_{\text{вих}} &= C_{\text{вх}} \cdot \exp\left(-\frac{2 \cdot u \cdot h_3}{n_m \cdot (r_m - r_k) \cdot v}\right); \\
 3.2 \quad \mathcal{E}_{\text{он}} &= \frac{C_{\text{вх}} + C_{\text{вих}}}{C_{\text{вих}}} = 1 - \exp\left(-\frac{2 \cdot u \cdot h_3}{n_m \cdot (r_m - r_k) \cdot v}\right); \\
 3.3 \quad U &= \frac{\pi \cdot \mu_0 \cdot \chi_m \cdot N_{\phi i} \cdot H^2}{6 \cdot \eta_c \cdot d_m}; \quad 3.4 \quad h_3 = \frac{h_\phi}{3}; \quad 3.5 \quad n_m = \frac{d_\phi^2}{d_m^2}; \\
 3.6 \quad \Gamma &= \frac{\pi \cdot d_\phi^2}{8} n_\phi \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \cdot \rho_{\text{н.в.}}; \quad 3.7 \quad \tau_p = \frac{\Gamma}{C_{\text{вх}} \cdot Q \cdot \mathcal{E}}; \\
 3.8 \quad \Delta p &= h_\phi \cdot \left[150 \cdot \frac{(1 - \varepsilon)^2 \cdot \eta_c \cdot v}{\varepsilon^3 \cdot d_m^2} + 1,75 \cdot \frac{(1 - \varepsilon) \cdot \rho_c \cdot v^2}{\varepsilon^3 \cdot d_m^2}\right]; \\
 3.9 \quad N_{\phi i} &= 1 + \sqrt[3]{\frac{C_i}{C_{ki}}}; \quad C_{ki} = \frac{\pi \cdot \rho_r}{6} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{U_{kmi} \cdot d_i \cdot \rho_r}{9 \cdot \eta_c}\right)^3}; \\
 3.10 \quad U_{kmi} &= \sqrt{\left(\frac{9 \cdot \eta_c}{d_i \cdot \rho_r}\right)^2 + \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot \mu_0 \cdot \chi_T^2 \cdot H^2}{3 \cdot \rho_r}} - \frac{9 \cdot \eta_c}{d_i \cdot \rho_r}
 \end{aligned} \tag{3}$$

де U_{kmi} – максимальна швидкість переміщення частинок, м/с; $N_{\phi i}$ – кількість частинок у флокулі.

Як приклад розрахунку на рис. 8 приведена залежність $\mathcal{E} = f(h_\phi)$ та вихідної концентрації частинок $C_{\text{вих}} = f(h_\phi)$

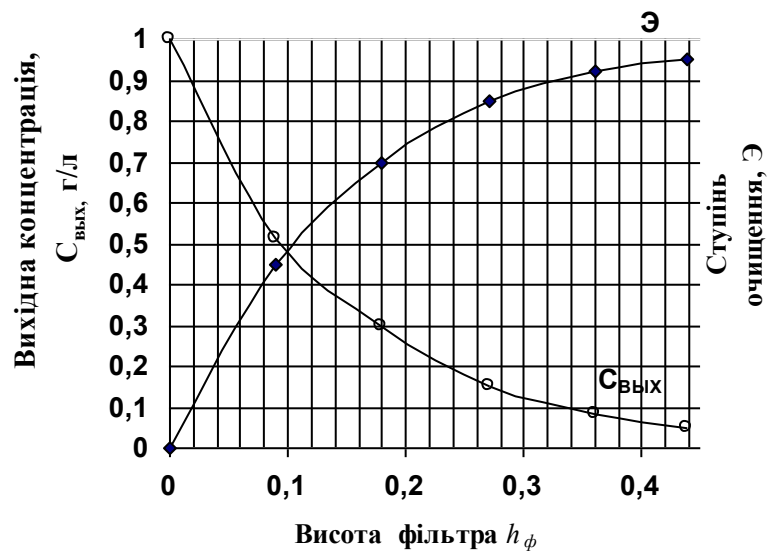


Рис 8. Залежність вихідної концентрації частинки $C_{\text{вих}}$ і ступені очищення \mathcal{E} від висоти фільтра h_{ϕ}

Висновки.

Запропонований алгоритм розрахунку магнітних фільтрів з урахуванням коагуляції рекомендується використовувати при проектуванні електромагнітних фільтрів.

Литература

1. Справочник по применению и нормам расхода смазочных материалов. Изд.4-е. пер. и доп. Под ред. Е. А. Эминова. Книга 2. М., «Химия», 1977. 768с.
2. Масюткин Е.П., Просвирнин В.И. К проблеме ресурсосбережения и охраны окружающей среды от загрязнения при эксплуатации моторных и трансмиссионных масел. Техника АПК №8, 2000 р., с 15.
3. Просвирнин В.И. Теоретическое и экспериментальное обоснование кинетики процессов и параметров электромагнитных устройств очистки железосодержащих дисперсных сред в АПК. Дисс. на соискание уч.степени д.т.н., С.-Петербург, 1992.
4. АС № 503594 СССР, МКИ³ В03С 1/14. Двухбарабанный магнитный фильтр -сепаратор. /М.Ф. Мясников, Ю.Е. Митрофанов, Е.С. Берестов, А.Ф. Кальвасинский. – // Открытия Изобретения. 1976. – №7.
5. № 3229927 ФРГ. МКИ В01d 35/06. Магнитный фильтр. Публикация 84.02.16 // Изобретения в СССР и за рубежом, Выпуск 16, 1980, №9
6. № 353381 СССР МКИ³ В01d 35/06. Электромагнитный фильтр/ Ганс –Гюнтер Хайтман, Герхард Донат и Вернер Хейер. // Изобретения, Бюл.29 - 1984, №17

7. АС № 540668 СССР, МКИ³ В03С 1/10. Двухбарабанный полиградиентный магнитный сепаратор /М.Ф. Мясников, Ю.Е. Митрофанов, А.Ф. Кальвасинский, Е.С. Берестов. -- // Открытия Изобретения. 1976. – №48.
8. № 3229927 ФРГ. МКИ В01d 35/06. Электромагнитный фильтр. Публикация 84.02.16 // Изобретения в СССР и за рубежом, Выпуск 16, 1984, №17
9. Масюткин Е.П., Красавчиков М.В. Механизм и кинетика очистки технических жидкостей магнитными фильтрами. Труды ТГАТА, - 2002, выпуск 9, с.29-33.
10. Юдовинский В.Б., Просвирнин В.И., Красавчиков М.В., Масюткин Д.Е. Очистка масел технологического оборудования машиностроения. Труды ТГАТА, -2002, выпуск 9, с.29-33

TO CALCULATION OF ELECTROMAGNETIC FILTERS FOR CLEANING OF TECHNICAL LIQUIDS

V. Prosvirnin, E. Masjutkin, V. Gulevsky, M. Krasavchykov

Summary

In this article, the questions of creation of algorithm of calculation of magnetic filters are considered. The types of contaminations are lighted. Influencing on the technological equipment is reflected. Application of the magnetic cleaning for cleaning of technical liquids is grounded. The use of the magnetic field in the flowsheets of regeneration of technical liquids is considered. Intercommunications of the magnetic field with particles, possessing magnetic properties are given. Some constructions of magnetic and electromagnetic filters are resulted. With the purpose of more complete opening of the phenomena and processes the algorithm of calculation of magnetic filters is offered

ЗМІСТ

<i>Розділ 1. Праці співробітників науково – дослідного інституту механізації землеробства півдня України</i>	3
<i>Дидур В.А. Проблемы механизации глубокой переработки клещевины.</i>	4
<i>Надикто В.Т., Кюрчев В.М., А.М.Аюбов, Генев О.І., Мітків В.Б. Аналіз плавності руху комбінованих МГА на базі трактора ХТЗ-120.</i>	12
<i>Просвірнін В.І., Масюткін Є.П., Гулевський В.Б., Красавчіков М.В. До розрахунку електромагнітних фільтрів для очищення технічних рідин.</i>	25
<i>Просвірнін В.І., Масюткін Є.П., Разорьонова М.О. Дослідження процесу коагуляції феромагнітних часток в неоднорідному магнітному полі.</i>	33
<i>Надикто В.Т., Аюбов А.М., Федоренко В.В., Санін Г.А. Тракторні показники МГА для суцільної культивуації зябу та сівби просапних культур.</i>	38
<i>Панченко А.И., Волошина А.А., Милаева И.И., Титов Д.С. Исследование влияния геометрических параметров распределительных систем на функциональные параметры планетарных гидромоторов.</i>	45
<i>Малюта С.І., Панченко В.С. Моделювання усталеного руху шару зернової суміші по робочих поверхнях вібро – та пневмовіброцентрифуг.</i>	55
<i>Діордієв В.Т., Лобода О.І., Гомонец О.П. Аналіз розподілу електричного поля у розрядному проміжку пристрою газорозрядної візуалізації.</i>	59
<i>Назаренко І.П., Ковальчук М.В. Вплив електростатичного поля на процес випаровування летючих речовин.</i>	65
<i>Федюшко Ю.М., Кушлик Р.В., Микитенко О.В. Основні характеристики п'єзоперетворювача при імпульсному збудженні</i>	71
<i>Стьопін Ю. О. Визначення вологості захищених ґрунтів методом електричної провідності.</i>	77
<i>Кушлик Р.В., Федюшко Ю.М., Борохов І.В. До питання контролю якості соняшникової олії ультразвуковим методом</i>	82
<i>Сабо А.Г. Управління тепловим екраном для споруд закритого ґрунту: експеримент і моделювання для пошуку оптимальної стратегії.</i>	86
<i>Бородін Є.В. Комп'ютерне моделювання асинхронного тиристорного електроприводу вентилятора.</i>	93

