

УДК 628.8: 631.22

## Розроблення ультрафіолетового бактерицидного рециркулятора для очищення повітря тваринницьких приміщень

**Довбнєнко О. Ф.,**

к.т.н, с.н.с., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

**Колесник І. В.,**

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

### Анотація

**Мета.** Підвищення ефективності процесу очищення повітря завдяки використанню створеної конструкції та визначення раціональних параметрів люмінесцентного ультрафіолетового бактерицидного рециркулятора повітря тваринницьких приміщень.

**Методи.** Використано методи аналізу, математичного моделювання та інженерних методів розрахунку.

**Результати.** Проаналізовано методи застосування ультрафіолетових бактерицидних (УФБ) установок для очищення та знезараження повітряного середовища в приміщеннях сільськогосподарського призначення. Встановлено механізм дії УФБ випромінювання та озону на патогенну мікрофлору і шкідливі домішки в повітрі тваринницьких приміщень. Обґрунтовано

конструкцію, розроблено метод інженерного розрахунку та визначено технічні параметри УФБ рециркулятора повітря. Виготовлено експериментальні зразки УФБ рециркуляторів повітря тваринницьких приміщень і представлено результати їх виробничих випробувань.

**Висновки.** УФБ рециркулятор при застосуванні люмінесцентних УФБ ламп встановленою потужністю  $P_{вст}=180$  Вт і продуктивністю за повітрям  $V_{пов}=1800$  м<sup>3</sup>/год забезпечує бактерицидну ефективність  $J_{бк}=75\%$ , а з  $V_{пов}=1000$  м<sup>3</sup>/год – бактерицидну ефективність  $J_{бк}=90\%$ .

**Ключові слова:** рециркулятор, ультрафіолет, бактерицидний, озон, очищення повітря, знезараження, мікроклімат тваринницьких приміщень.

UDK 628.8: 631.22

## Development of ultraviolet bactericidal recirculator for air purification of livestock buildings

**Dovbnenko O. F.**

Ph.D., National Science Center “Institute of agricultural engineering and electrification”

**Kolesnik I. V.**

National Scientific Center “Institute of agricultural engineering and electrification”

### Annotation

**Purpose.** Improving the efficiency of the air purification process through the use of the created design and determining the rational parameters of the luminescent ultraviolet bactericidal air recirculator for livestock buildings.

**Methods.** Methods of analysis, mathematical modeling and engineering methods for calculating irradiation installations are used.

**Results.** The methods of application of ultraviolet bactericidal (UVB) plants for purification and disinfection of the air environment in agricultural premises are analyzed. Impact mechanism established of UVB radiation and ozone for pathogenic microflora and harmful impurities in the air of

livestock premises is substantiated. The grounded design, the method of engineering calculation and the technical parameters of the UVB air recirculator are determined. Experimental samples of UVB recirculators of air in livestock buildings were made and the results of their production tests are presented.

**Conclusions.** UVB recycle converter with application of luminescent UVB lamps with installed capacity  $P_{inst}=180$  W and air capacity  $V_{air}=1800$  m<sup>3</sup>/h provides bactericidal efficiency  $J_{bact}=75\%$ , and with  $V_{air}=1000$  m<sup>3</sup>/h – bactericidal efficiency  $J_{bact}=90\%$ .

**Keywords:** recirculator, ultraviolet, bactericidal, ozone, air purification, disinfection, microclimate of livestock buildings.

УДК 628.8: 631.22

## Разработка ультрафиолетового бактерицидного рециркулятора для очистки воздуха животноводческих помещений

Довбненко А. Ф.,

к.т.н., с.н.с., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

Колесник І. В.,

Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

### Аннотация

**Цель.** Повышение эффективности процесса очистки воздуха благодаря использованию созданной конструкции и определение рациональных параметров люминесцентного ультрафиолетового бактерицидного рециркулятора воздуха животноводческих помещений.

**Методы.** Используются методы анализа, математического моделирования и инженерных методов расчета облучающих установок.

**Результаты.** Проанализированы методы применения ультрафиолетовых бактерицидных (УФБ) установок для очистки и обеззараживания воздушной среды в помещениях сельскохозяйственного назначения. Установлен механизм воздействия УФБ излучения и озона на патогенную микрофлору и вредные примеси в воздухе животноводческих помещений. Обоснована конструкция, разработан метод инженерного расчета и определены технические параметры УФБ рециркулятора воздуха. Изготовлены экспериментальные образцы УФБ рециркуляторов воздуха животноводческих помещений и представлены результаты их производственных испытаний.

**Выводы.** УФБ рециркулятор при применении люминесцентных УФБ ламп установленной мощностью  $P_{вст} = 180$  Вт и производительностью по воздуху  $V_{пов} = 1800$  м<sup>3</sup>/ч обеспечивает бактерицидную эффективность  $J_{бк} = 75\%$ , а с  $V_{пов} = 1000$  м<sup>3</sup>/ч – бактерицидную эффективность  $J_{бк} = 90\%$ .

**Ключевые слова:** рециркулятор, ультрафиолет, бактерицидный, озон, очистка воздуха, обеззараживание, микроклимат животноводческих помещений.

**Постановка проблемы.** Нормативні параметри повітряного середовища тваринницьких і птахівничих приміщень регламентуються відомчими нормами технологічного проектування. Основні параметри мікроклімату: температура, відносна вологість, швидкість руху та забрудненість повітря. Основні компоненти забруднення повітря тваринницьких приміщень, які в разі перевищення

гранично-допустимої концентрації (ГДК) призводять до зниження продуктивності, підвищення захворюваності тварин, а за значного перевищення концентрацій до загибелі поголів'я, такі: аміак (NH<sub>3</sub>), вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), сірководень (H<sub>2</sub>S), метан (CH<sub>4</sub>), біологічні складові (пліснява, грибки, мікроорганізми), механічні домішки.

Для забезпечення нормативних параметрів повітря в приміщенні застосовується активна вентиляція, повітрообмін сягає десятків та сотень тисяч метрів кубічних на годину. Так, мінімально допустимий повітрообмін у приміщенні для утримання свиней на 1 ц живої ваги в теплий період року становить 60 м<sup>3</sup>/год, в холодний – 30 м<sup>3</sup>/год. Водночас із вентиляцією втрачається значна кількість електроенергії для приводу вентиляторів, шкідливі викиди погіршують екологічний стан довкілля, а в холодний період часу втрачається значна кількість теплової енергії [3].

Розроблення та застосування ефективних технічних рішень для очищення повітряного середовища тваринницьких приміщень дозволить забезпечити рекомендовані параметри мікроклімату, заощадити енергоресурси та покращити екологічний стан довкілля.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Ефективним технічним рішенням для знезараження та очищення повітря від шкідливих домішок є застосування ультрафіолетових бактерицидних (УФБ) установок на основі люмінесцентних ламп [1, 3–6, 8, 9]. Такі пристрої знайшли широке застосування в медицині, громадських місцях із великим скупченням людей (дитячі садки, школи, магазини, офіси тощо), виробничих приміщеннях, для очищення води тощо.

Знезаражувальна дія УФБ люмінесцентних ламп низького тиску виражається в бактерицидній дії випромінювання з частотою від 280 до 315 нм, унаслідок дії якого

відбувається фотохімічне пошкодження ДНК клітинного ядра мікроорганізму, що призводить до загибелі клітини, а також бактерицидній і знезаражувальній діях озону, який генерується при опроміненні кисню УФ випромінюванням із частотою 185 нм [8].

Залежність бактерицидної ефективності від довжини хвилі випромінювання називають спектром дії. Більш чутливі до впливу УФ випромінювання – віруси і бактерії (палички, коки), менш чутливі – гриби і найпростіші мікроорганізми. Найбільшу стійкість мають спорові форми бактерій. Унаслідок застосування УФ опромінювачів забезпечується ефективність знезараження поверхонь і повітря до 99,9% [8].

Озонування повітря – ефективна профілактика вірусних та бактеріологічних інфекцій може бути забезпечена в разі постійної обробки 0,05–0,1 мг/м<sup>3</sup> протягом усього часу перебування людей у приміщенні та 0,1–1,0 мг/м<sup>3</sup> за наявності тварин або птиці й відсутності людей. Бактерицидні та знезаражуючі властивості озону добре проявляються за будь-яких концентрацій від 1 до 500 мг/м<sup>3</sup>, забезпечують ефективність знешкодження будь-якої мікрофлори та хімічних компонентів [5].

Під час вирощування порослят концентрація озону 0,1–1 мг/м<sup>3</sup> у місці перебування тварин збільшує їхню продуктивність на 27% [9]. У птахівництві найбільша ефективність озонування спостерігається в разі обробки інкубаційних яєць: знижується до 98% мікроорганізмів у повітрі приміщення, бактеріальна забрудненість шкарлупи зменшується в 5–8 разів, а вихід добового молодняка і його збереженість підвищуються на 3–5% [7]. Із застосуванням озонування в системі рециркуляції повітря птахівничих приміщень суттєво знижується концентрація шкідливих домішок: сірководню, аміаку, вуглекислого газу, а також знижується концентрація водяних парів та збільшується температура повітря [7]. Озонування застосовується також для збільшення сімей у бджоларстві, ефективного придушення гнилі, грибків, бактерій та інфекцій у рослинництві, для видалення цвілі на овочесховищах, усунення зараження полуниці грибами і цвіллю, очищення вентиляційних викидів тощо [1, 2, 4, 7].

Застосування УФ установок можливе як опромінювачів, рециркуляторів повітря або бактерицидних модулів у

системах припливно-витяжної вентиляції [8]. Основна відмінність УФ рециркуляторів від опромінювачів полягає в тому, що опромінювачі призначені насамперед для знешкодження патогенної мікрофлори на поверхнях, мають обмежене застосування за наявності людей та тварин у приміщенні. УФ рециркулятори очищають повітря через його прокачування крізь ізольовану камеру, а тому можуть бути застосовані в періодичному або безперервному режимах у присутності людей та тварин.

**Мета досліджень.** Підвищення ефективності процесу очищення повітря завдяки використанню створеної конструкції та визначення раціональних параметрів люмінесцентного ультрафіолетового бактерицидного рециркулятора повітря тваринницьких приміщень.

**Методи досліджень.** Використано методи аналізу, математичного моделювання та інженерних методів розрахунку.

**Результати досліджень.** Для очищення повітря тваринницьких приміщень від шкідливих домішок запропоновано використати ультрафіолетові бактерицидні лампи, які встановлені в потоці після вентилятора (рис. 1). Водночас повітряний потік від вентилятора забезпечує рух повітря в приміщенні з метою уникнення застійних зон.

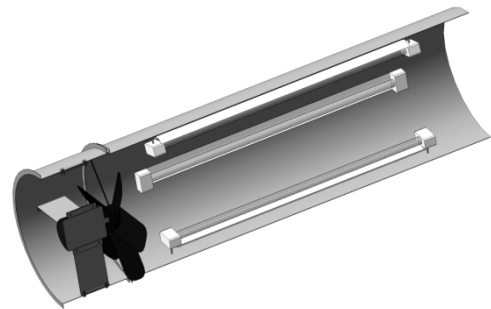


Рис. 1. 3D модель експериментального зразка УФ рециркулятора повітря

Fig. 1. Is a 3D model of an experimental UF air recirculation sample

Пристрій складається з вентилятора в захисному кожусі, однієї або декількох люмінесцентних УФ ламп залежно від повітропродуктивності вентилятора, а також електричної схеми керування. Вентилятори нагнітають потік повітря, яке поступає всередину рециркулятора через вентиляційні решітки, опромінюється бактерицидними лампами, знезаражується та викидається назовні. Корпус рециркулятора утворює

ефективну камеру УФБ опромінення, оскільки внутрішня поверхня рециркулятора виготовляється зі світловідбиваючого матеріалу (полірований метал, нержавіюча сталь, алюміній тощо).

Основною задачею розрахунку параметрів УФБ рециркуляторів є визначення потужності ламп залежно від продуктивності вентилятора, а також бактерицидної ефективності. Вихідні дані для розрахунку: об'єм камери для знезараження повітря, сумарний бактерицидний потік ламп, коефіцієнт використання бактерицидного потоку ламп, витрата повітря через камеру, середня об'ємна доза бактерицидного випромінювання, бактерицидний потік УФБ ламп, коефіцієнт відбивання УФБ випромінювання внутрішньою поверхнею камери.

Базовий показник ефективності застосування УФБ рециркулятора – об'ємна бактерицидна доза випромінювання в каналі  $H_v$ , Дж/м<sup>3</sup> [8]:

$$H_v = \frac{N_l \cdot \Phi_{\text{бк}} \cdot k_{\text{ф}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{с}} \cdot t_{\text{к}}}{V_{\text{к}}}, \quad (1)$$

де  $N_l$  – кількість ламп у камері рециркулятора, шт;

$\Phi_{\text{бк}}$  – бактерицидний потік від лампи, Вт;

$$N_l = \frac{V_{\text{пов}} \cdot (-\ln(1 - J_{\text{бк}} \cdot 10^{-2}))}{3600 \cdot \Phi_{\text{бк}} \cdot k_{\text{ф}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{с}} \cdot \sigma_v} = \frac{1800 \cdot (-\ln(1 - 75 \cdot 10^{-2}))}{3600 \cdot 11 \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 0,0179} = 5,87, \quad (2)$$

де  $V_{\text{пов}}$  – продуктивність рециркулятора за повітрям, м<sup>3</sup>/год.

$J_{\text{бк}}$  – бактерицидна ефективність, %;

$\sigma_v$  – константа фоточутливості санітарно-показового мікроорганізму (*S.aureus*) для бактерицидного випромінювання, м<sup>3</sup>/МДж.

Приймаємо кількість ламп  $N_l = 6$  шт. Визначаємо час опромінення повітряного потоку в камері рециркулятора  $t_{\text{к}}$ , с:

$$t_{\text{к}} = \frac{3600 \cdot V_{\text{к}}}{V_{\text{пов}}} = \frac{3600 \cdot \pi \cdot D_{\text{к}}^2 \cdot L_{\text{к}}}{4 \cdot V_{\text{пов}}} = \frac{3600 \cdot \pi \cdot 0,3^2 \cdot 0,9}{4 \cdot 1800} = 0,127, \quad (3)$$

де  $D$  – діаметр камери опромінення, м;

$L$  – довжина каналу опромінення, м.

Визначаємо об'ємну бактерицидну дозу  $H_v$ , Дж/м<sup>3</sup> для заданої бактерицидної ефективності  $J_{\text{бк}} = 75\%$ :

$$H_v = \frac{N_l \cdot \Phi_{\text{бк}} \cdot k_{\text{ф}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{с}} \cdot t_{\text{к}}}{V_{\text{к}}} = \frac{6 \cdot 11 \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 0,127}{0,064} = 79,2. \quad (4)$$

Бактерицидну ефективність  $J_{\text{бк}}$ , %, перевіряємо за формулою [8]:

$k_{\text{ф}}$  – коефіцієнт використання УФБ потоку. У разі розташування ламп у повітряному потоці  $k_{\text{ф}} = 0,4-0,5$ , не в потоці –  $k_{\text{ф}} = 0,7-0,8$ ;

$k_{\text{в}}$  – коефіцієнт багаторазових відбивань (віддзеркалення) УФБ потоку від внутрішніх стінок камери рециркулятора.  $k_{\text{в}} = 1,2-1,5$ ;

$k_{\text{с}}$  – коефіцієнт спаду бактерицидного потоку до кінця терміну служби ламп.  $k_{\text{с}} = 0,7-0,8$ ;

$t_{\text{к}}$  – час опромінення повітря, с;

$V_{\text{к}}$  – об'єм каналу опромінення, м<sup>3</sup>.

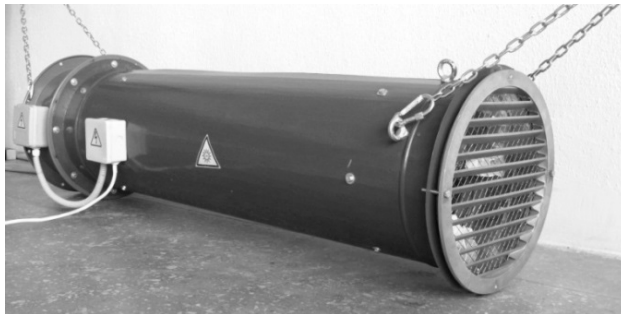
У запропонованій конструкції рециркулятора використані вентилятор Вентс ВКФ-300, люмінесцентні УФБ лампи потужністю  $P_l = 30$  Вт та бактерицидним потоком  $\Phi_{\text{бк}} = 11$  Вт. Довжина лампи  $L = 0,9$  м, тому можемо прийняти довжину каналу опромінення  $L_{\text{к}} = 0,9$  м, а діаметр камери (зважаючи на габаритні розміри вентилятора)  $D_{\text{к}} = 0,3$  м. Для заданої бактерицидної ефективності  $J_{\text{бк}} = 75\%$  значення об'ємної експозиції *S.aureus*  $H_v = 77$  Дж/м<sup>3</sup>. З урахуванням аеродинамічного опору каналу, ламп та жалюзі продуктивність рециркулятора за повітрям становить  $V_{\text{пов}} = 1800$  м<sup>3</sup>/год.

З використанням рівняння [8] і вихідних даних (табл. 2) визначаємо кількість ламп у рециркуляторі  $N_l$ , шт:

$$J_{\text{БК}} = \left( 1 - \exp \left( \frac{-3600 \cdot N_{\text{Л}} \cdot \Phi_{\text{БК}} \cdot k_{\Phi} \cdot k_{\text{В}} \cdot k_{\text{С}} \cdot \sigma_{\text{V}}}{V_{\text{ПОВ}}} \right) \right) 100 =$$
$$= \left( 1 - \exp \left( \frac{-3600 \cdot 6 \cdot 11 \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 0,0179}{1800} \right) \right) 100 = 75,8 > 75\%. \quad (5)$$

Отже, для розробленої конструкції рециркулятора з метою забезпечення бактерицидної ефективності  $J_{\text{БК}} = 75\%$  необхідно встановити шість люмінесцентних УФБ ламп загальною потужністю  $P_{\text{вст}} = 160$  Вт.

У ННЦ «ІМЕСГ» виготовлено експериментальний зразок УФБ рециркулятора повітря тваринницьких приміщень РПБ 1,8-6/30 оз (рис. 2). Слід мати на увазі, що в рециркуляторі встановлено озонові лампи ОВВ 30, а озон має сильну бактерицидну дію, тобто фактична бактерицидна ефективність буде значно вища за розрахункову. За результатами виробничих випробувань рециркулятора РПБ 1,8-6/30 в приміщенні кролеферми (сmt Чорнобай Черкаської обл.) встановлено, що ефективність очищення від аміаку становить 44,8%.



а)

б)

**Рис. 2.** УФБ рециркулятор повітря тваринницьких приміщень РПБ 1,8-6/30 оз:

а) загальний вигляд; б) у приміщенні кролеферми

**Fig. 2.** UVB air recirculation air of animal housing RPB 1.8-6/30 oz:

a) a general view; b) in the premises of the rabbit farm

На основі досліджень, проведених у ННЦ «ІМЕСГ», у ТОВ «Турбовентус» налагоджено промислове виробництво УФБ рециркуляторів повітря тваринницьких та інших промислових підприємств РПБ 1,0-6/30 оз із продуктивністю за повітрям  $1000 \text{ м}^3/\text{год}$ , бактерицидною ефективністю  $J_{\text{БК}} = 90\%$  та встановленою потужністю 220 Вт (рис. 3).



**Рис. 3.** УФБ рециркулятор повітря тваринницьких приміщень РПБ 1,0-6/30 оз

**Fig. 3.** UVB air recirculation air of livestock premises RPB 1.0-6/30 oz

**Висновки.** УФБ рециркулятор при застосуванні люмінесцентних УФБ ламп встановленою потужністю  $P_{вст} = 180$  Вт і продуктивністю за повітрям  $V_{пов} = 1800$  м<sup>3</sup>/год забезпечує бактерицидну ефективність  $J_{бк} = 75\%$ , а з  $V_{пов} = 1000$  м<sup>3</sup>/год – бактерицидну ефективність  $J_{бк} = 90\%$ .

### Бібліографія

1. Висоцький А. О., Вороняк В. В. Технічні засоби для знезараження повітря і поверхонь об'єктів ветеринарно-санітарного контролю ультрафіолетовим бактерицидним випромінюванням. *Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького*. 2015. Т. 17. № 2. С. 300–308.

2. Анализ систем очистки воздуха в животноводческих и птицеводческих комплексах / А. Г. Возмилов, В. Б. Файн, Л. Н. Андреев и др. *Электротехнические и информационные комплексы и системы*. 2014. № 4. Т. 10. С. 45–52.

3. Довбненко О. Ф. Обгрунтування енергетичної ефективності очищення повітряного середовища тваринницьких приміщень від шкідливих домішок. *Збірник наукових праць / ДНУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*. Дослідницьке, 2014. Вип. 18 (32). Кн. 2. С. 377–382.

4. Казаков А. В., Орлов Б. Н., Ленкин А. А. Биологическая эффективность применения облучателей-рециркуляторов в животноводстве / ФГОУ ВПО МГАУ. 2008. № 3. С. 31–32.

5. Лунин В. В., Попович М. П., Ткаченко С. Н. Физическая химия озона. М.: МГУ, 1998. 480 р.

6. Пат. № 2444396 Российская Федерация. Способ очистки воздуха от паров аммиака / Р. М. Асланов, А. В. Иванов, А. В. Маланьев, К. Х. Папуниди, М. Я. Трemasов; заявл. 10.08.2010; опубл. 10.03.2012, Бюл. № 7.

7. **Применение озона в сельском хозяйстве** / Институт озонотерапии и медоборудования. URL: <http://www.medozone.com.ua/primeneniye-ozona-v-s-h-i-promyshlennosti/24-primeneniye-ozonnyh-tehnologiy-v-selskom-hozyaystve.html> (дата звернення: 11.04.2019 р.).

8. Р 3.5.1904-04. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях. Москва: Минздрав РФ, 2005. 46 с.

9. Рахимов И. Ф., Татаров Л. Г. Очистка воздуха животноводческих помещений. *Вестник алтайского государственного аграрного университета*. 2010. № 9. Т. 71. С. 81–84.

### Bibliografia

1. Visockij A. O. Voronyak V. V. Tehnichni zasobi dlya znezarazhennya povitrya i poverhon

ob'ektiv veterinarno-sanitarnogo kontrolyu ultrafioletovim baktericidnim viprominyuvannjam. *Naukovij visnik LNU veterinarnoyi medicini ta biotekhnologij im. S. Z. Gzhickogo*. 2015. Т. 17. № 2. С. 300–308.

2. Analiz sistem ochistki vozduha v zhivotnovodcheskih i pticevodcheskih kompleksah / A. G. Vozmilov, V. B. Fain, L. N. Andreev i dr. *Elektrotehnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy*. 2014. № 4. Т. 10. С. 45–52.

3. Dovbnenko O. F. Obgruntuvannya energetichnoyi effektivnosti ochishennya povitryanogo seredovisha tvarinnichkih primishen vid shkidlivih domishok. *Zbirnik naukovih prac / DNU UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo*. Doslidnicke, 2014. Vip. 18 (32). Kn. 2. С. 377–382.

4. Kazakov A. V. B. N. Orlov, A. A. Lenkin. Biologicheskaya zffektivnost primeneniya obluchatelej-recirkulyatorov v zhivotnovodstve / FGOU VPO MGAU. 2008. № 3. С. 31–32.

5. Lunin V. V., Popovich M. P., Tkachenko S. N. Fizicheskaya himiya ozona. M.: MGU, 1998. 480 s.

6. Patent № 2444396 Rossijskaya Federaciya. Sposob ochistki vozduha ot parov ammiaka / R. M. Aslanov, A. V. Ivanov, A. V. Malanев, K. H. Papunidi, M. Ya. Tremasov; заявлено 10.08.2010; опубликовано 10.03.2012, Бул. № 7.

7. Primeneniye ozona v selskom hozyajstve / Institut ozonoterapii i medoborudovaniya. URL: <http://www.medozone.com.ua/primeneniye-ozona-v-s-h-i-promyshlennosti/24-primeneniye-ozonnyh-tehnologiy-v-selskom-hozyaystve.html> (data zvernennya 11.04.2019 г.).

8. R 3.5.1904-04. Ispolzovanie ultrafioletovogo baktericidnogo izlucheniya dlya bezzarazhivaniya vozduha v pomesheniyah. Moskva: Minzdrav RF, 2005. 46 s.

9. Rahimov I. F., Tatarov L. G. Ochistka vozduha zhivotnovodcheskih pomeshenij. *Vestnik altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010. № 9. Т. 71. С. 81–84.

### References

1. Vysotsky A. O., Voronyak V. V. Technical means for disinfection of air and surfaces of objects of veterinary and sanitary control by ultraviolet bactericidal radiation. *Scientific Bulletin of the National Academy of Science of Ukraine, Veterinary Medicine and Biotechnologies*. S. Z. Gzhitsky. 2015. Т. 17. No. 2. Pp. 300–308.

2. Analysis of air purification systems in livestock and poultry complexes / A. G. Vozmilov, V. B. Fain, L. N. Andreev and others. *Electrical and information systems and systems*. 2014. No. 4. Т. 10. Pp. 45–52.

3. Dovbnenko O.F. Substantiation of energy efficiency of air cleaning of livestock buildings from harmful impurities. *Collection of scientific works /*

DNU UkrNDIPVT them. L. Pogorilogo. Doslidnitske, 2014. Issue 18 (32). Book 2. Pp. 377–382.

4. Kazakov A. V., Orlov B. N., Lenkin A. A. Biological efficacy of application of irradiators-recyclers in livestock breeding / FGOU VPO MSAU. 2008. No. 3. Pp. 31–32.

5. Lunin V. V., Popovich M. P., Tkachenko S. N. Physical chemistry of ozone. Moscow: Moscow State University, 1998. 480 p.

6. Patent № 2444396 Russian Federation. Method of purifying air from ammonia vapors / R M Aslanov, A. V. Ivanov, A. V. Malayev, K. Kh. Papounidi, M. Ya. Tremasov; claimed 10.08.2010; published 10.03.012, Bulletin No. 7.

7. Application of ozone in agriculture / Institute of Ozone Therapy and Medical Equipment. URL: <http://www.medozone.com.ua/primeneniye-ozona-v-s-h-i-promyshlennosti/24-primeneniye-ozonnyh-tehnologiy-v-selskom-hozyaystve.html> (application date 11.04.2019).

8. P 3.5.1904-04. Use of ultraviolet bactericidal radiation to disinfect indoor air. Moscow: Ministry of Health of the RF, 2005. 46 p.

9. Rakhimov I. F., Tatarov L. G. Fluid cleaning of livestock buildings. *Vestnik Altai State Agrarian University*. 2010. No. 9. T. 71. Pp. 81–84.