

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ,
АВТОМАТИЗАЦИИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ
И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В АПК**

**Сборник материалов
международной научно-технической конференции
(28-29 апреля 2018 г.)**

**БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ - КОКИНО
2018**

УДК 621.31:631.171 (06)

ББК 31.2:40.7

А 43

Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов международной научно-технической конференции (28-29 апреля 2018 г.). – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. – 142 с.

ISBN 978-5-88517-311-7

В сборнике отражены исследования, проводимые учеными Брянского ГАУ и других вузов РФ, Белоруссии и Республики Молдова. Материалы рассчитаны на студентов, научных и инженерно-технических работников, занимающихся проблемами энергетики, автоматизации, информатизации и природопользования.

Редакционный совет:

Безик Д.А. – директор института энергетики и природопользования;

Шустов А.Ф. – зав. кафедрой философии, истории и педагогики;

Безик В.А. – зав. кафедрой электрооборудования и автоматики;

Байдакова Е.В. – зав. кафедрой природопользования и водопользования;

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии института энергетики и природопользования протокол № 7 от 1 июня 2018 года.

ISBN 978-5-88517-311-7

© Брянский ГАУ, 2018

© Коллектив авторов, 2018

Содержание

| | |
|---|----|
| <i>Безик Д.А., Гурьянов Г.В.</i> Оценка свойств почв методом диэлектрической спектроскопии | 5 |
| <i>Безик Д.А., Бычкова Т.В.</i> Численное решение уравнения лапласа для случая расчета трехмерного электрического поля | 14 |
| <i>Зверева Л.А., Бояркин Д.А.</i> Очистка жидких радиоактивных отходов и переработка ионообменных смол | 21 |
| <i>Зверева Л.А., Пенюков Н.В.</i> Обезжелезивание воды | 27 |
| <i>Зверева Л.А., Филиппов К.Г.</i> Нанотехнологии в гидротехническом строительстве | 32 |
| <i>Василенков В.Ф., Василенков С.В.</i> Некоторые итоги изучения сублимации радиоактивной почвы | 36 |
| <i>Василенков В.Ф., Аксёнов Я.А.</i> Методика назначения даты проведения эксплуатационных поливов дождеванием | 40 |
| <i>Дунаев А.И.</i> Оценка изменения плотности осушаемого торфа на основе показателей его осадки | 49 |
| <i>Кирдищев Д.В.</i> Построение диагностической модели дизельных форсунок по результатам вибродиагностирования | 53 |
| <i>Кровопоускова В.Н.</i> Автоматизированная система контроля уровня воды на шахтном водосбросе | 58 |
| <i>Шустов А.Ф.</i> Основные механизмы и закономерности развития технической деятельности | 63 |
| <i>Василенков П.В., Мазепин Н.В., Безохвостова Н.М., Полехина А.М., Феськова Г.И., Самси С.С.</i> Оценка потери устойчивости замкнутым контуром «водитель – транспортное средство» | 71 |
| <i>Николаев М.Ю., Пинчуков А.П., Николаев М.Д., Генин Е.Г., Шилин И.Н., Гусаров С.С., Чернодод В.В.</i> К вопросу герметичности кабины сельхозмашин | 76 |

| | |
|---|-----|
| <i>Николаев М.Ю., Пинчуков А.П., Николаев М.Д., Генин Е.Г., Шилин И.Н., Гусаров С.С., Чернодед В.В.</i> | |
| Математическое моделирование в вопросе герметичности кабин сельхозмашин | 82 |
| <i>Чепурко Д.А., Чухов Е.Н.</i> | |
| Водоотведение на полигонах твердых бытовых отходов | 89 |
| <i>Кубаткина О.В., Кисель Ю.Е.</i> | |
| Современные светильники для освещения бытовых помещений | 93 |
| <i>Кубаткина О.В., Кисель Ю.Е.</i> | |
| Светильники с автоматическим поддержанием уровня освещенности | 97 |
| <i>Свидерский А.А.</i> | |
| Формирование экологической культуры в техногенном обществе | 102 |
| <i>Осадчая О.А.</i> | |
| Роль экологии культуры в межкультурной коммуникации | 111 |
| <i>Безик В.А., Кубаткина О.В., Жиряков А.В.</i> | |
| Качество электрической энергии в сетях с разрядными лампами | 118 |
| <i>Безик В.А., Жиряков А.В., Кубаткина О.В.</i> | |
| Структура комбинированных защитных средств | 127 |
| <i>Черненкова И.И.</i> | |
| Поликультурная образовательная среда современного аграрного вуза | 135 |

ОЦЕНКА СВОЙСТВ ПОЧВ МЕТОДОМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

БЕЗИК Д.А., ГУРЬЯНОВ Г.В.

Почва – неоднородная смесь веществ, имеющих различные электрические свойства. Это является одной из причин дисперсии её электропроводности. Наличие неоднородностей обуславливает Максвелл-Вагнеровскую поляризацию, наличие почвенной влаги – дипольную поляризацию и т.д. Частотная зависимость электропроводности почв может рассматриваться как диагностический параметр, по которому можно оценивать степень неоднородности, дисперсности и влажности почвы. Рассмотрена возможность применения частотных зависимостей электропроводности в низкочастотной области для оценки гранулометрического состава почвы.

Ключевые слова: почва, электрическая проводимость, диэлектрическая спектроскопия, Максвелл-Вагнеровская поляризация.

ASSESSMENT OF SOIL PROPERTIES BY THE METHOD OF DIELECTRIC SPECTROSCOPY

Soil - a heterogeneous mixture of substances having different conductivity. This is one of the reasons for the dispersion of its electrical conductivity. The presence of heterogeneities leads to the Maxwell-Wagner polarization, the presence of soil moisture – dipole polarization, etc. Therefore, the frequency dependence of the electrical conductivity of soils can be considered as a diagnostic parameter by which to assess the degree of heterogeneity, dispersivity and soil moisture. The possibility of application of frequency dependences of electrical conductivity of soil in low-frequency region for estimation of granulometric composition is considered.

Keywords: *soil, electrical conductivity, dielectric spectroscopy, Maxwell-Wagner polarization.*

Электропроводность неоднородных материалов, в том числе и почв, зависит от свойств их компонентов и от внутренней структуры. При помещении почвы в переменное электрическое поле происходит перемещение и

перераспределение электрических зарядов – поляризация. Учитывая многофазность и многокомпонентность почв ей присущи практически все виды поляризации – макроструктурная (Максвелл-Вагнеровская), ионная, дипольная, электронная. Неоднородность структуры, наличие непроводящих частиц, образующих структурный скелет почвы, и проводящего почвенного раствора, приводит к зависимости электрических параметров почвы от частоты приложенного электрического напряжения. При этом особую роль играет присутствующая в почве свободная и связанная вода, имеющая ярко выраженные полярные свойства, что в определенной мере обуславливает дисперсию электропроводности почвы.

Исследованию частотной зависимости электропроводности неоднородных материалов (диэлектрической спектроскопии) посвящено множество работ, в том числе, рассматривающие электропроводность почв [1-18]. Вместе с тем, ввиду исключительной сложности объекта исследования (почвы), теоретический анализ и экспериментальное обоснование зависимости дисперсии электропроводности от структуры почвы и свойств ее компонентов еще недостаточно разработан. В связи с этим целью настоящей работы было теоретическое и экспериментальное обоснование частотных характеристик диэлектрической проницаемости почв в низкочастотном диапазоне (на примере почв средней полосы России) для выявления их связи с гранулометрическим составом и другими свойствами почвы.

Методика исследования. Для достижения поставленной цели необходимо провести теоретический анализ механизмов поляризации почвы под действием приложенного переменного напряжения; оценить влияние структурных параметров почвы на её макроструктурную поляризацию. Оценка влияния свойств почвы на частотные характеристики её диэлектрической проницаемости требует проведения сравнительного эксперимента и рассмотрения эквивалентной электрической схемы измерительной ячейки с почвенным образцом.

Экспериментальные исследования проводились на легкосуглинистых пылеватых серых лесных почвах Брянской области горизонтов $A_{\text{пах}}$ и B_1 . Почвенный образец в виде суспензии (или пасты) помещался в кювету из оргстекла ($60 \times 60 \times 60 \text{ мм}^3$) с цилиндрическими проволочными медными электродами, расположенными параллельно. При измерениях кювета помещалась в термостат ($\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$). Влажность определялась весовым методом ($\Delta m = 0,5 \text{ мг}$).

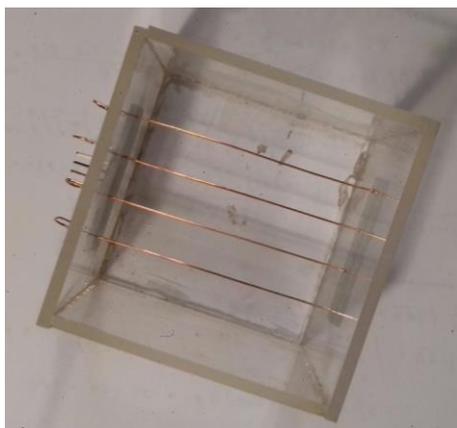


Рисунок 1 - Измерительная кювета

Измерение частотных характеристик системы электрод-почва-электрод производилось в диапазоне частот от 0.01 Гц до 200 кГц ($\pm 1,5\%$). В качестве источников были использованы генераторы ГФ-05 и ГЗ-102. Применялось напряжение питания ячейки от 0,1 В до 10 В. Измерение величины и фазового сдвига напряжения производилось с помощью осциллографа RIGOL DS1102E и С1-93 ($\pm 2\%$).

Измерительная кювета соединялась последовательно с шунтом (презизионный резистор с номинальным сопротивлением $R_0=240$ Ом) и была подключена к генератору переменного напряжения. Напряжение и фазовый сдвиг на выходе генератора и на электродах кюветы измерялись осциллографом. По этим параметрам определяли величину комплексной диэлектрической проницаемости.

Теоретический анализ дисперсии электропроводности почв.

Электропроводность в переменных полях удобно описывать в терминах комплексной диэлектрической проницаемости (КДП):

$$\varepsilon^* = \varepsilon' - i\varepsilon'' \quad (1)$$

где ε' - диэлектрическая проницаемость вещества;

ε'' - мнимая часть диэлектрической проницаемости, обусловленная потерями энергии в диэлектрике в переменном поле.

При помещении неоднородного вещества в переменное электрическое поле

$$\dot{U} = U_m e^{i\omega t} \quad (2)$$

протекает ток

$$\dot{I} = i\omega \frac{(\varepsilon' - i\varepsilon'')\varepsilon_0 S}{d} \dot{U} = i\omega \frac{\varepsilon'\varepsilon_0 S}{d} \dot{U} + \omega \frac{\varepsilon''\varepsilon_0 S}{d} \dot{U}. \quad (3)$$

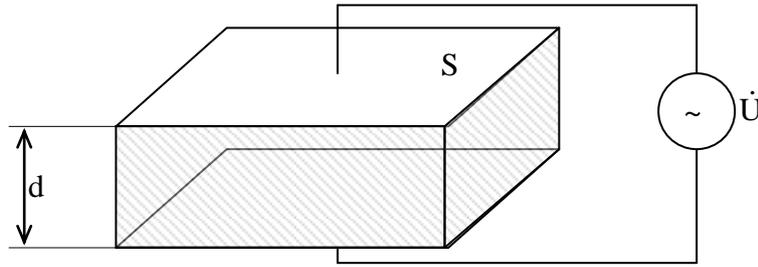


Рисунок 2 – Схема протекания переменного электрического тока через прямоугольный образец, помещенный между пластин плоского конденсатора

Первое слагаемое в (3) определяет реактивный ёмкостный ток конденсатора с диэлектриком, имеющим диэлектрическую проницаемость ε' , а второе – активный ток через вещество с удельной эффективной электропроводностью

$$\sigma_{y\delta\delta} = \omega\varepsilon''\varepsilon_0. \quad (4)$$

Величина $\sigma_{y\delta\delta}$, как и ε'' определяет величину диэлектрических потерь в переменном электрическом поле.

Наличие неоднородностей обуславливает т. н. макроструктурную поляризацию, впервые рассмотренную Максвеллом и Вагнером [1, 2]. Они показали, что частотная зависимость электропроводности описывается зависимостью для КДП от частоты

$$\varepsilon^* = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty}{1 + i\omega\tau} \quad (5)$$

где $\varepsilon_0, \varepsilon_\infty$ - диэлектрическая проницаемость на низкой и высокой частотах; τ – постоянная времени релаксации, с.

Время релаксации соответствует характерному времени установления нового положения зарядов в изменившемся электрическом поле.

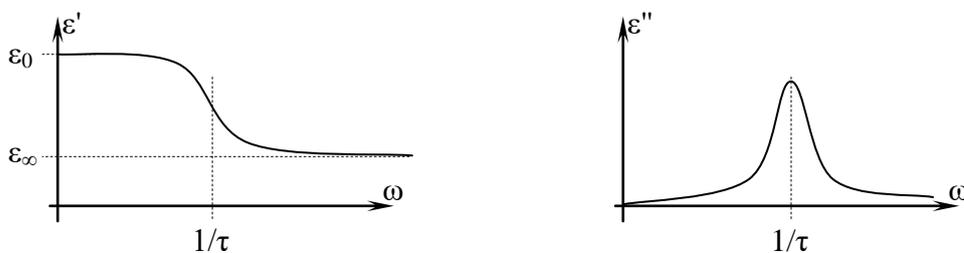


Рисунок 3 – Частотные зависимости для КДП в случае Максвелл-Вагнеровской поляризации

Почва, помимо переменного тока, способна проводить и постоянный ток из-за наличия проводящей фазы (в первую очередь порового водного раствора). Проводимость постоянному току можно учесть дополнительным слагаемым:

$$\varepsilon^* = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty}{1 + i\omega\tau} + \frac{\sigma_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}}{i\omega\varepsilon_0}, \quad (6)$$

где $\sigma_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}$ - удельная электропроводность для постоянного тока, См/м.

Зависимость вида (5) соответствует виду частотных характеристик электропроводности, показанному на рисунке 3. Выражение (5) достаточно точно описывает КДП для ряда веществ которым присущ только один вид поляризации, например для некоторых спиртов [4]. Но в большинстве случаев наблюдаются отклонения от зависимости (5). Точные аналитические выражения для этих случаев до сих пор не получены и исследователи пользуются либо видоизмененными выражениями, подобными (5), либо вводят в рассмотрение распределения по частоте времени релаксации τ и диэлектрической силы $\Delta\varepsilon = \varepsilon_0 - \varepsilon_\infty$.

Часто используются эмпирические выражения для КДП Коул-Давидсона:

$$\varepsilon^* = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty}{(1 + i\omega\tau)^\beta}, \quad (7)$$

и Гаврильяк-Негами:

$$\varepsilon^* = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty}{(1 + (i\omega\tau)^{1-\alpha})^\beta}, \quad (8)$$

где α и β – эмпирические параметры.

При наличии в веществе множества видов поляризации применяется либо выражение

$$\varepsilon^* = \varepsilon_\infty + \sum_{i=1}^N \frac{\Delta\varepsilon_i}{(1 + i\omega\tau_i)^{\beta_i}}, \quad (9)$$

(τ_i , β_i , $\Delta\varepsilon_i$ – параметры, относящиеся к i -му релаксационному процессу), либо, в случае когда частоты множественных релаксационных процессов лежат близко друг к другу, выражение:

$$\varepsilon^* = \varepsilon_\infty + \int_0^\infty \frac{d\varepsilon}{(1 + i\omega\tau(\omega))^{\beta(\omega)}}. \quad (10)$$

Для вещества, у которого частотная зависимость диэлектрических свойств описывается выражениями (5) - (10), помещенного в переменное электрическое поле между двух проводников, можно изобразить эквива-

лентную электрическую схему (рис. 4). В том случае, когда неоднородности в среде имеют одинаковые размеры, форму и ориентацию, эквивалентная схема представляется в виде, показанном на рисунке 4,а [19]. В общем случае, что справедливо для почвы, представить её в виде одного резистора и конденсатора нельзя. В этом случае следует применять схему рисунка 3,б [20].

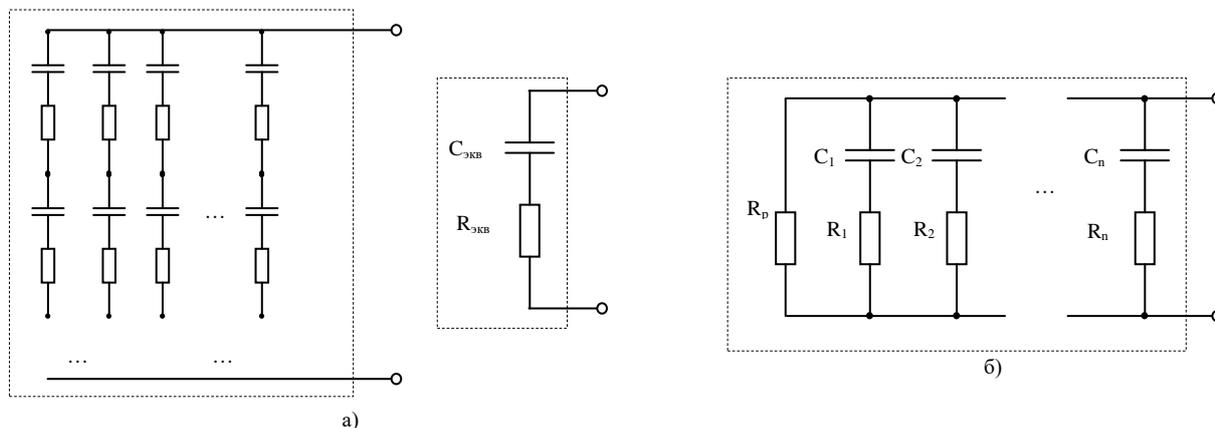


Рисунок 4 – Эквивалентная схема для конденсатора с гетерогенным диэлектриком: а) случай одинаковых частиц; б) общий случай

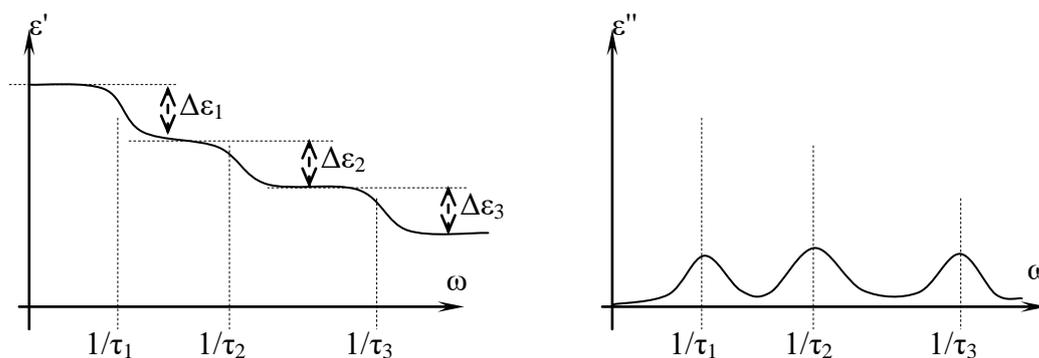


Рисунок 5 – Частотные зависимости для КДП в случае трёх механизмов поляризации

В случае единственного механизма релаксации частотные характеристики имеют вид, показанный на рисунке 3. Если имеется несколько механизмов релаксации, то они приобретают вид подобный изображённому на рисунке 5. Используя численные методы возможно разлагать на составляющие произвольные частотные характеристики и делать выводы о имеющихся механизмах релаксации в диэлектрике [7].

Экспериментальные исследования. Нами были проведены эксперименты по определению частотных характеристик КДП и эквивалентных схем для кювет, в которые были помещены различные образцы почвы разной влажности. В результате получены зависимости $\varepsilon^*(\omega)$ (рисунок 6) и соответствующие эквивалентные схемы (рисунок 7).

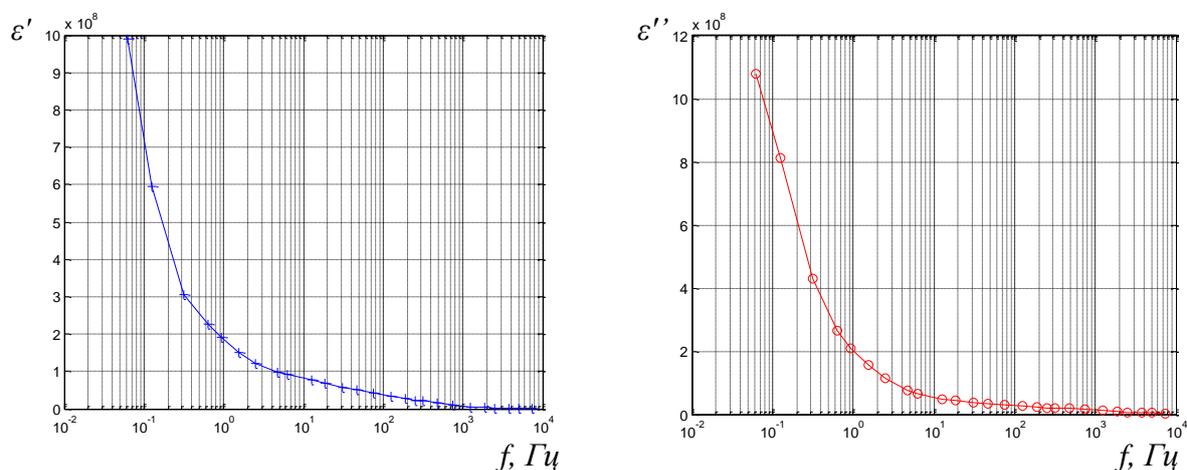
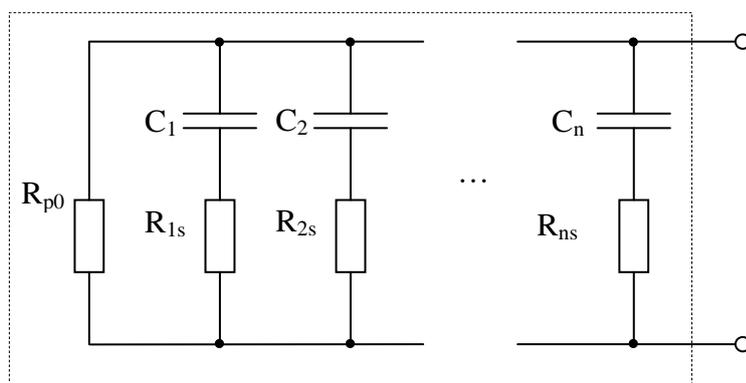


Рисунок 6 – Частотные зависимости КДП (серая лесная почва, горизонт В₁)



| | | | | | | |
|----------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| R_{is} , кОм | 24 | 14 | 4,2 | 0,9 | 0,2 | 0,3 |
| C_i , мкФ | 500 | 60 | 17 | 13 | 9 | 1 |
| R_{p0} , кОм | 75 | | | | | |

Рисунок 7 – Эквивалентная схема конденсатора с почвой между обкладками (R_{p0} – сопротивление обусловленное электропроводностью на постоянном токе; R_{2s} и C_2 – соответствуют Максвелл-Вагнеровской поляризации)

Согласно полученным результатам в низкочастотном диапазоне (0-200 кГц) в почве наблюдается Максвелл-Вагнеровская поляризация. Эквивалентная схема конденсатора с почвой между обкладками описывается бесконечным рядом параллельных RC-цепочек (при обработке экспериментальных данных их количество было ограничено для упрощения представления). Учитывая несоответствие частотной зависимости КДП формуле (5) и множественность RC-цепочек эквивалентной схемы, можно сделать вывод о сложном механизме этого вида поляризации. Параметры частотных характеристик КДП существенно зависят от формы и ориентации частиц [21]. Очевидно, что форма и ориентация частиц почвы относительно электродов влияет на эти характеристики. Таким образом, сведения, полученные в результате диэлектрической спектроскопии, можно использовать для оценки форм частиц твердой (непроводящей) фазы почвы, а также об их ориентации, обусловленной, например, механической обработкой почвы, сложением осадочных пород и т.д. Однако, для определения степени их влияния требуются дополнительные исследования.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения диэлектрической спектроскопии для определения свойств почвы и требуют дальнейших исследований.

Выводы. Применение метода диэлектрической спектроскопии перспективно для определения гранулометрического состава почвы, её состояния после механической обработки, а также для определения степени её анизотропии.

Литература

1. Maxwell J.C. "Treatise on Electricity and Magnetism" Oxford 1904 v 1 ch X.
2. Wagner K.W. "Aroh Elektrotech". 1914. № 9. s 371.
3. Cole K. S., Cole R.H. Dispersion and absorption indielectrics. I. Alternating current characteristics // Journal of Chemical Physics. 1941. Vol. 9. p. 341-351.
4. Davidson D. W., Cole R. H. Dielectric Relaxation in Glycerol, Propylene Glycol, and n-Propanol // The Journal of Chemical Physics. 1484. №19.
5. Microwave dielectric behavior of wet soil-Part I. Empirical models and experimental observations / M.T. Hallikainen, F.T. Ulaby, M.C. Dobson, M.A. El-reyes, L.K. Wu // IEEE. Trans. Geo Sci. Remote Sensing. 1985. Vol. GE-23 № 1. p. 25-34.
6. Lauer K., Wagner N., Felix-Henningsen P. A new technique for measuring broadband dielectric spectra of undisturbed soil samples // European Jour-

nal of Soil Science April. 2012. 63. p. 224–238.

7. Electrical and Dielectric Properties of Soils in the mHz to GHz Frequency Range / M. Loewer, J. Igel, C. Minnich, N. Wagner // 11th International Conference on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances (ISEMA), May 23 - 27, 2016, At Florence.

8. Mironov V., Kosolapova L., Fomin S. Physically and mineralogically based spectroscopic dielectric model for moist soils // IEEE geoscience and remote sensing letters. - July 2009. Vol. 47. № 7. p. 2059-2070.

9. Temperature- and texture- dependent dielectric model for moist soils at 1.4 GHz / V. Mironov, Y. Kerr, J.-P. Wigneron, L. Kosolapova, F. Demontoux // IEEE geoscience and remote sensing letters. - May 2013. Vol. 10, № 3. p. 419–423.

10. Earth conductivity and permittivity data measurements – influence in transmission line transient performance / C.M. Portela, J.B. Gertrudes, M.C. Tavares, F.J. Pissolato // Electric Power Systems Research. 2006. Vol. 76.–p. 907–915.

11. Portela C.M., Measurement and modeling of soil electromagnetic behavior, in: IEEE International Symposium on. Electromagnetic Compatibility, Seattle, WA.1999. pp. 1004–1009.

12. Van Dam R. Methods for prediction of soil dielectric properties- A review / R. Van Dam, B. Borchers, J. Hendrickx // Proc. SPIE. 2005. Vol. 5794. p.188-197.

13. Vasilyeva M. Dielectric Relaxation of Water in Clay Minerals /M. Vasilyeva, Y. Gusev, V. Shtyrlin, A. Greenbaum, A. Puzenko, P. Ishai, Y. Feldman // Clays and Clay Minerals. Vol. 62, 2014 p. 62-73.

14. Wagner N.A, Kupfer K., Trinks E. broadband dielectric spectroscopy study of the relaxation behaviour of subsoil // ISEMA 2007, Proceedings of the 7th International Conference on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances, 1-8.

15. Experimental Investigations on the Frequency and Temperature-Dependent Dielectric Material Properties of Soil / N. Wagner, K. Emmerich, F. Bonitz, K. Kupfer // IEEE Transactions on geoscience and remote sensing, Vol. 49, №7, July 2011, p.2517-2530.

16. Experimental study on frequency-dependent properties of soil electrical parameters. / S Wang, Z. Li, J. Zhang, J. Wang, L. Cheng, T. Yuan, B. Zhu // Electric Power Systems Research. - V.139. -2016. – pp. 116-120.

17. Гусев Ю.А. Основы диэлектрической спектроскопии: учебное

пособие. Казань: КГУ, 2008. 112 с.

18. Трухан Э.М. Электрофизические методы исследования. Кондуктометрия неоднородных материалов: учебно-методическое пособие. М.: МФТИ. 26 с.

19. Xia X. Maxwell-Wagner-Sillars mechanism in the frequency dependence of electrical conductivity and dielectric permittivity of graphene-polymer nanocomposites / Xia X., Zhong Z., Weng G. // *Mechanics of Materials* Vol. 109, 2017. p. 42-50.

20. Безик Д.А., Гурьянов Г.В. Исследование частотных характеристик электропроводности почв в условиях поляризации электродов // *Современные научно-практические решения XXI века: материалы Международной научно-практической конференции / под общ. ред. В.И. Оробинского, В.Г. Козлова. 2016. С. 330-336.*

21. Sillars R.W. The properties of a dielectric containing semiconducting particles of various shapes // *Journal of Institution of Electrical Engineers*, Vol. 12, Issue 35, 1937, p. 139–155

22. Соколов Н.А., Ториков В.Е., Михайлов О.М. Методология исследования аграрных проблем региона // *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 2. С. 38-43.*

УДК 631.437.1/5:621.319.3

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ЛАПЛАСА ДЛЯ СЛУЧАЯ РАСЧЕТА ТРЕХМЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

БЕЗИК Д.А., БЫЧКОВА Т.В.

Аннотация: рассмотрено решение трехмерной задачи расчета распределения электрического потенциала в почве при измерении её электропроводности четырехэлектродным способом. Решается уравнение Лапласа со смешанными граничными условиями методом конечных элементов с использованием программного продукта FreeFem++.

Ключевые слова: электрическое поле, электрический потенциал, модель, метод конечных элементов.

NUMERICAL SOLUTION OF LAPLACE'S EQUATION FOR THE CASE OF CALCULATING THE THREE-DIMENSIONAL ELECTRIC FIELD

Abstract: *the solution of the three-dimensional problem of calculating the electrical potential distribution in the soil when measuring its electrical conductivity by four-electrode method is considered. The Laplace equation with mixed boundary conditions is solved by the finite element method using the software product FreeFem++.*

Keywords: *electric field, electric potential, model, finite element method*

Введение. Аналитическое решение прямой задачи электростатики, т.е. определение электрического поля по заданному распределению зарядов, на практике затруднительно. Лишь небольшой класс задач, например систем с симметрией, систем точечных зарядов, может быть представлен и решен путем применения прямых задач электростатики. Практический интерес представляют граничные задачи электростатики по определению поля в диэлектрике, ограниченном системой проводников. Для каждого из проводников задаются граничные условия Дирихле, это либо значение его потенциала, либо заряда. Распределение электрических зарядов по поверхности проводников неизвестно и будет определяться в процессе решения задачи. Единого способа решения таких задач не существует. Универсальными методами решения электростатических задач являются численные методы: метод конечных разностей и метод конечных элементов.

Метод конечных разностей — численный метод решения дифференциальных уравнений, основанный на замене производных разностными схемами. Для решения эллиптической задачи методом конечных разностей на расчётной области строится сетка, затем выбирается разностная схема и для каждого узла сетки записывается разностное уравнение (аналог исходного уравнения, но с использованием разностной схемы), затем производится учёт краевых условий (для краевых условий второго и третьего рода так же строится некоторая разностная схема). Получается система линейных алгебраических уравнений, решая которую в ответе получают приближенные значения решения в узлах. Главной проблемой метода является построение правильной разностной схемы, приводящей к сходящемуся решению. Построение схемы выполняется исходя из свойств исходного дифференциального оператора.

Метод конечных элементов (МКЭ) - это численный метод решения дифференциальных уравнений с частными производными, а также инте-

гральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики. Метод широко используется для решения задач механики деформируемого твёрдого тела, теплообмена, гидродинамики и электродинамики. Метод конечных элементов сложнее метода конечных разностей в реализации, но у него есть ряд преимуществ, проявляющихся на реальных задачах: произвольная форма обрабатываемой области; возможность применения сетки с изменяющейся плотностью.

Долгое время широкому распространению метода конечных элементов мешало отсутствие алгоритмов автоматического разбиения области на близкие к правильным треугольники (погрешность, в зависимости от вариации метода, обратно пропорциональна синусу или самого острого, или самого тупого угла в разбиении). Эту задачу удалось успешно решить основываясь на алгоритмах триангуляции Делоне.

Для решения задач МКЭ можно применять известные математические методы или использовать готовые программные продукты, такие как ANSYS, NASTRAN, APM WinMachine и др. Последний вариант дорогостоящий и имеет ограничения применимости, поэтому для расчетов мы использовали свободно распространяемый программный продукт FreeFem++, основными разработчиками которого выступают сотрудники лаборатории им. Ж.-Л. Лионса института Пьера и Марии Кюри (Париж) (официальный сайт: <http://www.freefem.org/>).

FreeFem++ - это программное обеспечение для численного решения дифференциальных уравнений в частных производных, которыми описываются многие проблемы физики, инженерии, математики. FreeFem++ может работать с произвольными элементами в пространстве на произвольных неструктурированных и адаптированных сетках.

Задачи FreeFem++ описываются по их вариационным формулировкам, с доступом к внутренним векторам и матрицам, решает двумерные и трехмерные, статические и динамические, линейные и нелинейные задачи для связных областей. В нелинейном случае необходимы итерационные процедуры, сводящие задачу к набору линейных задач.

Интерфейс FreeFem++ предоставляет простой геометрический ввод с аналитическим описанием границ по частям, автоматический генератор сетки, основанный на алгоритме Делоне-Вороного (сетка может быть анизотропной с метрической адаптацией). Данный программный продукт имеет удобный типизированный язык ввода с алгеброй аналитических и конечно-элементных функций. Его достоинствами является оптимальная

скорость выполнения, онлайн графика, генерация отчетов в различных форматах, возможность доступа ко всем внутренним данным, создание собственных алгоритмов, запись которых близка к C++.

Постановка задачи. Рассматривается случай расчёта электростатического поля в ограниченной трехмерной области. Расчет сводится к определению поля потенциала, подчиняющегося уравнению Пуассона:

$$\Delta\varphi = \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} = -\frac{\rho}{\varepsilon_0\varepsilon} \quad (1)$$

где φ – потенциал электрического поля, В;

ρ – объемная плотность заряда, Кл/м³;

ε – относительная диэлектрическая проницаемость;

ε_0 – электрическая постоянная, Ф/м².

По уравнению (1) рассчитывается поле потенциала, а затем по нему определяется поле напряженности электрического поля и плотности тока:

$$\vec{E} = -\overline{grad}\varphi, \quad (2)$$

$$\vec{j} = \gamma\vec{E}, \quad (3)$$

где E – напряжённость электрического поля, В/м;

j – плотность электрического тока, А/м²;

γ – удельная электрическая проводимость См/м.

В случае однородной среды, где нет связанных зарядов, уравнение (1) упрощается до уравнения Лапласа:

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} = 0 \quad (4)$$

Для его решения требуется задание граничных условий:

$$\text{Дирихле: } \varphi|_{S_i} = \varphi(x, y, z) \quad (5)$$

$$\text{Неймана: } \left. \frac{\partial\varphi}{\partial n} \right|_{S_i} = \phi(x, y, z) \quad (6)$$

где S_i – граница области Ω , в которой ищется решение.

Условие Дирихле выполняется на проводящих электродах, помещенных в слабопроводящую среду, а условие Неймана – на непроводящих границах расчетной области (условие (6) означает отсутствие нормальной составляющей электрического тока на границе области S_i).

Граница расчетной области обозначена как S (в наших расчетах замкнутый прямоугольный параллелепипед). При этом важно соблюдать направление обхода контура при задании границы и его непрерывность.

Задачи, решаемые с помощью FreeFem++, должны быть приведены к слабой (вариационной) формулировке.

Теорема Остроградского-Гаусса гласит что

$$\iiint_{\Omega} \nabla \bar{f} d\omega = \iint_S (\bar{f}, n) d\sigma. \quad (7)$$

откуда следует следующая формула (получается путем подстановки в (7) вектора $\bar{f} = v\nabla u$):

$$\iiint_{\Omega} ((\nabla v, \nabla u) + v\Delta u) d\omega = \iint_S v \frac{\partial u}{\partial n} d\sigma. \quad (8)$$

Здесь S – поверхность, охватывающая объём Ω . Это уравнение справедливо для непрерывных, кусочно дифференцируемых функций u и v , в том числе для кусочно-линейных базисных функций, применяемых в МКЭ.

Если рассматривается пространственный случай и искомая функция удовлетворяет уравнению Пуассона $\Delta u = f$, то (8) примет вид

$$\iiint_{\Omega} \left(\frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \frac{\partial u}{\partial z} + vf \right) d\omega = \iint_S v \frac{\partial u}{\partial n} d\sigma, \quad (9)$$

а для уравнения Лапласа

$$\iiint_{\Omega} \left(\frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \frac{\partial u}{\partial z} \right) d\omega = \iint_S v \frac{\partial u}{\partial n} d\sigma. \quad (10)$$

В FreeFem++ минимизируется следующее выражение

$$\iiint_{\Omega} \left(\frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \frac{\partial u}{\partial z} \right) d\omega - \iint_S v \frac{\partial u}{\partial n} d\sigma. \quad (11)$$

Рассмотрим решение данной трехмерной задачи в FreeFem++ методом конечных элементов. В нашем случае код, советуемый выражению (11), записывается следующим образом:

```
macro Grad(u) [dx(u),dy(u),dz(u)]
problem Laplas(u,v,solver=CG) = int3d(Th3)( Grad(u)*Grad(v) )
+on(ref34h,u=-100)+on(ref34b,u=100);
```

(12)

Здесь u, v – искомая и тестовая функция, во второй строке задаются граничные условия Дирихле на границах электродов. На внешней границе задавалось условие Неймана $\left. \frac{\partial \varphi}{\partial n} \right|_{\Gamma} = 0$, соответствующее непроводящей границе внутри области с граничным условием $u = -100$ и $u = 100$ на границах ref34b и ref34h. Условие Неймана выполняется автоматически, так как соответствующий интеграл в правой части уравнения (10) равен нулю.

Поскольку рассматривается случай расчёта электростатического поля в ограниченной трехмерной области, формируем замкнутую область в

виде прямоугольного параллелепипеда. Например, код формирования передней и задней грани выглядит следующим образом:

```
int G0=99;
border G1(t=0,60){ x=-30+t; y=0; label=G0;}
border G2(t=0,h){ x=30; y=t; label=G0;}
border G3(t=0,60){ x=30-t; y=h; label=G0;}
border G4(t=0,h){ x=-30; y=h-t; label=G0;}
func XX3min = -30.; func XX3max = 30.;
func YY3 = x; func ZZ3 = y;
int[int] ref33h = [0,15]; int[int] ref33b = [0,16];
mesh3 Th33h = movemesh23(Thsq3,transfo=[XX3max,YY3,ZZ3], label=ref33h,orientation=1); // передняя
mesh3 Th33b = movemesh23(Thsq3,transfo=[XX3min,YY3,ZZ3], label=ref33b,orientation=-1); // задняя
```

Внутри прямоугольного параллелепипеда помещаются два электрода:

```
border E1(t=0,2*pi){x=a+0.5*d*cos(t); y=12+0.5*d*sin(t);}
border E2(t=0,2*pi){x=-a+0.5*d*cos(t); y=12+0.5*d*sin(t);}
```

Разбиение границы и области на конечные элементы осуществлялось автоматически по заданному числу конечных элементов на границе:

```
mesh Thsq3=buildmesh(G1(nx)+G2(ny)+G3(nx)+G4(ny)+E1(-nd)+E2(-nd),fixeborder=true).
```

Формирование поверхности расчётной области проводилось путем склеивания фрагментов сеток для получения поверхности:

```
mesh3 Th33 = Th31h+Th31b+Th32h+Th32b+Th33h+Th33b+Th34h+Th34b;
```

Полученная расчетная область с адаптивной сеткой показана на рисунке 1.

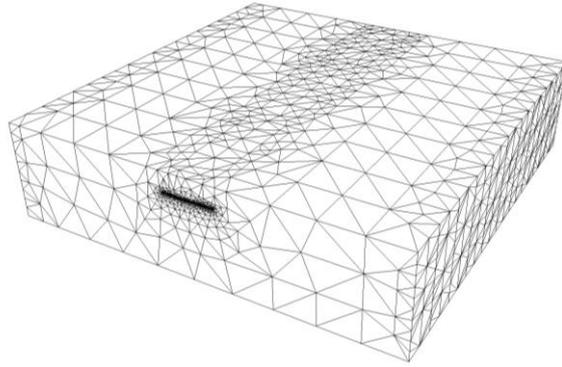


Рисунок 1 - Визуализация расчётной области в FreeFem++

Тетрагелизация расчетной области:

```
mesh3 Th3=tetg(Thfinal,switch="pqaAAQ",nbofregions=1,regionlist=domaine)
```

На сетке Th3 задается множество конечно элементных функций Vh:

```
fespace Vh(Th3,P1)
```

Затем мы решаем задачу и визуализируем найденное решение:

```
Laplas;  
plot(u,wait=0,value=1);
```

Эквипотенциальные линии показаны на рисунке 2. Рассмотренный пример демонстрирует решение электростатической задачи МКЭ с применением FreeFem++. Полученное решение наглядно и может быть использовано для прикладных задач, например, для определения электропроводности почвы, помещенной в измерительную ячейку произвольной формы.

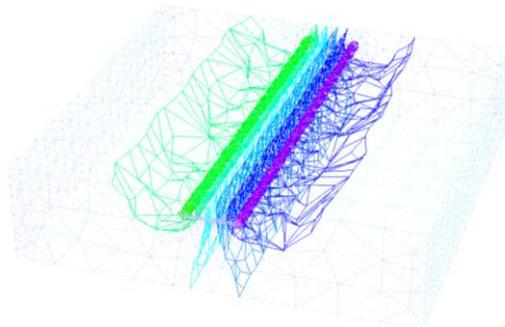


Рисунок 2 – Визуализация найденного решения в FreeFem++

Выводы. Применение численных методов, реализованных с помощью эффективных алгоритмов на ЭВМ, позволяет решать электростатические задачи произвольной сложности. Рассмотрена возможность применения свободно-распространяемого продукта FreeFem++ для решения уравнения Лапласа с граничными условиями Дирихле и Неймана в трехмерном случае.

Литература

1. Hecht F. FreeFem++. Version 3.58-1 [Electronic resource] / F. Hecht [et al.]. Mode of access: <http://www.freefem.org>.

2. Жуков М.Ю. Использование FreeFem++ для решения задач математической физики /М.Ю. Жуков, Е.В. Ширяева. Ростов н/Д: ЦВВР, 2007.

3. Бычкова Т.В., Гурьянов Г.В., Безик Д.А. К вопросу расчета удельной электропроводности почвы в модели сплошной однородной слабопроводящей среды // Вестник БГСХА. 2017. № 4 (62). С. 57-63.

УДК 628.4.047

ОЧИСТКА ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ И ПЕРЕРАБОТКА ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ

ЗВЕРЕВА Л.А., БОЯРКИН Д.А.

Аннотация: В связи с широким использованием в народном хозяйстве радиоактивных веществ появилась опасность загрязнения вод и почв радионуклидами. Источники радиации — ядерные установки, испытание ядерного оружия, отходы урановых шахт. Потенциальными источниками радиоактивного загрязнения могут стать аварии на ядерных установках, АЭС (как в Чернобыле, Екатеринбурге, а также в США, Англии, других странах мира).

Ключевые слова: загрязнение, дезактивации вод, очистки стоков, выщелачивания радионуклидов, окружающая среда.

PURIFICATION OF LIQUID RADIOACTIVE WASTE AND PROCESSING OF ION-EXCHANGE PITCHES

BOYARKIN D.A., ZVEREVA L.A.

Abstract: *due to the widespread use of radioactive substances in the national economy, there is a risk of water and soil contamination with radionu-*

clides. Sources of radiation-nuclear installations, nuclear weapons testing, uranium mine waste. Potential sources of radioactive contamination can be accidents at nuclear plants, nuclear power plants (as in Chernobyl, Yekaterinburg, as well as in the United States, England and other countries of the world).

Key words: *pollution, water decontamination, sewage treatment, leaching of radionuclides, environment.*

В последнее время во всех промышленно развитых странах большое внимание отводится исследованиям по комплексной очистке природных и технологических вод, которые связаны как с ликвидацией последствий аварии разного класса опасности на ядерных объектах, так и с общеизвестным опасным состоянием природных объектов различных регионов [1].

Разрабатываемые устройства разных типов, как для дезактивации, так и для комплексной очистки стоков основаны на следующих методах и технологиях:

- электрофизические методы;
- химические методы и технологии;
- биохимические методы;
- ионообменные и сорбционные методы;
- методы фильтрации с использованием тканей, мембранных, полимерных материалов [3].

Наиболее отработанным и распространенным в практике к настоящему времени являются ионообменные и сорбционные методы очистки ЖРО. Известно, что синтетические сорбенты и иониты, как правило, имеют значительно большую емкость и селективность действия, которые можно изменить в процессе изготовления материала, в сравнении с природными сорбентами. В то же время, синтетические сорбенты минерального происхождения (гидратированные оксиды, кислые и основные соли гетерополи-кислот, неорганические полимеры) характеризуются более высокой термической и радиационной стойкостью, значительно меньшим коэффициентом набухания (т.е. сохраняют или увеличивают незначительно объем гранул при пребывании в кислой, нейтральной или щелочной жидкой среде), в ряде случаев для них характерна также более высокая энергия связывания поглощенных ионизированных адсорбентов [2; 4].

Можно сделать вывод, что применение неорганических сорбентов с высокой емкостью позволяет обеспечить высокоэффективную очистку ЖРО от радионуклидов и сопутствующих примесей.

В качестве основных технологических параметров, характеризующих технический уровень современных установок для дезактивации вод, избраны: [2; 4].

- максимальная активность водной среды, поступающей на очистку;
- концентрация взвешенных минеральных веществ в исходной водной среде;
- концентрация нефтепродуктов в исходной водной среде;
- производительность;
- время непрерывной работы;
- кратность сокращения объема РАО;
- коэффициент набухания применяемых сорбентов;
- потребляемая мощность.

При переработке ЖРО наибольшее распространение получил метод их термической обработки в выпарных аппаратах. Образовавшийся кубовый остаток подвергается отверждению различными способами: цементирования, битумирования, упаривания до сухих солей, остекловывания.

Для отверждения отходов низкой и средней активности в мировой практике широкое распространение получили такие связующие как битум, цемент и отчасти терморезактивные смолы.

Технологию битумирования используют, главным образом – в совмещенных с выпаркой процессах иммобилизации высокосолевых ЖРО.

Технология цементирования широко используется в мировой практике обращения с РАО как для локализации твердых радиоактивных отходов – шлаков, зольных остатков, сорбентов, так и отверждения жидких. К числу достоинств данного способа можно отнести его относительно низкую стоимость по сравнению с процессом остекловывания и тот факт, что в отличие от битумирования он не приводит к получению потенциально пожароопасных продуктов.

Требования к цементным матрицам (компаундам). С точки зрения иммобилизационных свойств компаундов на основе цемента важнейшими считаются характеристики, которые влияют на их долговечность:

- химическая стабильность;
- взаимодействие между цементной матрицей и отходами;
- выщелачиваемость радионуклидов и других токсичных веществ;
- взаимодействие между цементной матрицей и материалом контейнера (в случае их применения);

- взаимодействие между цементной матрицей и окружающей природной средой;
- механическая стабильность:
- прочность при сжатии;
- прочность на изгиб;
- термическая стабильность – морозостойкость;
- радиационная стабильность – механические и химические характеристики, газовыделение; - микробиологическая деградация.

Особое внимание должно быть обращено на такое свойство цементного компаунда, как скорость выщелачивания радионуклидов и других токсичных веществ в окружающую среду.

В качестве вяжущего используется портландцемент марки 400 или 500. Цемент, используемый для получения цементного компаунда, загружается в расходный бункер, откуда с помощью питателя подается в вибрационный смеситель. Из расходного бункера глины в этот смеситель подается глина, используемая в качестве добавки, производится перемешивание указанных сыпучих компонентов и подача полученной смеси в прямооточный смеситель, куда осуществляется подача порций радиоактивных отходов.

Для утилизации основных объемов ЖРО, которые образуются в результате деятельности ЦПЗ, рекомендуется установка цементирования разработки ВНИИНМ. Это обусловлено тем, что данная технология наиболее изучена, имеет достаточную степень автоматизации технологического процесса. Окончательное решение по выбору технологии и установки цементирования будет принято на этапе проектирования (по условиям тендера).

В настоящее время за рубежом используют следующие технологии переработки отработанных ионообменных смол: отверждение цементованием, сжигание низкоактивных смол, компактирование, сушка и хранение в контейнерах.

При цементовании смол включение их в компаунд не превышает 15% по массе, что значительно увеличивает объем РАО, подлежащих захоронению. Увеличение количества смол в компаунде снижает его прочность и увеличивает набухание. По указанной причине этот метод не получил широкого применения.

Фирма 8ЕС (США) использует периодически сжигание низкоактивных смол, что дает снижение объема в 10 раз. Однако сжигание смол сопровождается выбросами, которые превышают допустимые концентрации

радионуклидов в дымовых газах. Поэтому метод не обеспечивает безопасное сжигание средне- и высокоактивных смол.

Сложный многокомпонентный состав накопленных ЖРО, низкое содержание основных радиоактивных загрязнителей ($\sim n \cdot 10^{-8}$ мг/дм³) на фоне макрокомпонентов, определили необходимость проведения глубокого обессоливания очищенных растворов, в результате которого также происходит их очистка и от радиоактивных изотопов практически до уровня фоновых значений [5].

Рассматривалось использование природных сорбентов (бентонитов, цеолитов) и производных из природных органических материалов (Микотон-Cs, Хивит-03), которые имеют различную степень избирательности при сорбции $C90Sr$. Их использование с практической точки зрения и признано нецелесообразным как через невысокую сорбционную емкость и больших объемов образовавшихся отходов, так и в связи со сложностью отделения и дальнейшего уничтожения гелеподобных и тонкодисперсных коллоидных частиц.

Проведение химических реакций в зоне тлеющего разряда приводит к образованию радикалов, которые обычно не образуются при проведении реакций традиционными способами: воздействие кислородной плазмы на изменение физикохимических свойств некоторых жидкостей, смена pH водных растворов под влиянием разряда. Работы в этом направлении проводятся ведущими странами мира: в Японии создан плазменный химический реактор; фирмой «Westinghouse» (США) разработана плазменная технология разрушения высокотоксичных химических соединений в промышленных отходах [5].

После глобальной катастрофы на Чернобыльской АЭС в земледелии Брянской области с 1986 по 1991 годы были проведены широкомасштабные реабилитационные мероприятия.

До сегодняшнего времени проводятся научные исследования, направленные на решение актуальных задач реабилитации радиоактивно загрязненных земель и соответствии научными программами «Экологическая безопасность России» и «Плодородие почв» и др.

Аграрная наука разработала достаточно эффективные методы борьбы с загрязнением земель, ведущие к ограничению перехода радионуклидов из почвы в растения, такие как: внесение органических удобрений, цеолита, гуматов калия и кальция, известкование, фосфоритование, повышенные дозы калийных удобрений. Эти мероприятия, кроме того, что

снижают уровень загрязнения сельхозпродукции, они также снижают радиоактивный фон загрязненной территории и объем поступления цезия с поверхностным стоком в водные объекты [6].

Литература:

1. Бабаев И.С., Демин В.Ф., Ильин Л.А. Ядерная энергетика, человек и окружающая среда. М.: Энергоатомиздат, 1984. 294 с.

2. Василенков В.Ф., Василенков С.В., Козлов Д.В. Водохозяйственная радиология: учебное пособие для студентов вузов. М.: МГУП, 2009. 383 с.

3. Долина Л.Ф., Гунько Е.Ю., Машихина П.Б. Защита вод от радиоактивного загрязнения: Монография. Д.: «ЛИРА», 2016. 477 с.

4. Зверева Л.А. Обоснование экономической эффективности реабилитационных мероприятий в растениеводстве на радиоактивно загрязненных землях (на материалах Брянской области): дис. канд. экономических наук. М., 2005.

5. Байдакова Е.В., Байдаков Е.М. Использование цеолитов для очистки воды от радионуклидов // *Агроконсультант*. 2011. № 1. С. 29-35.

6. Байдакова Е.В. Методика экспериментальных исследований распределение радионуклидов по территории // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: материалы Международной научно-технической конференции. Брянск, 2008. С. 3-6.

7. Байдакова Е.В. Мероприятия, ускоряющие поверхностный, внутререпочвенный и грунтовый сток // Проблемы энергетики и природопользования вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2010. С. 25-28.

8. Кровопускова В.Н., Василенков В.Ф., Василенков С.В., Дёмина О.Н. Водоприемный оголовок шахтного водосброса // Международная научно-техническая конференция, 2012. С. 40-42.

ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЕ ВОДЫ

ЗВЕРЕВА Л.А., ПЕНЮКОВ Н.В.

Аннотация: Качество воды – одна из важнейших проблем на Земле. Повышенное содержание железа в воде является серьезной проблемой, которая влияет на качество воды. В статье рассматриваются причины повышенного содержания железа в воде. Разработанные методы удаления железа в воде позволяют довести качество воды до требуемых норм.

Ключевые слова: вода, нормы качества воды, обезжелезивание, методы обезжелезивания, станции обезжелезивания.

DEIRONING OF WATER

PENYUKOV N.V., ZVEREVA L.A.

Abstract: *Water quality is one of the most important problems on Earth. Increased iron content in water is a serious problem that affects the quality of water. The reasons for the elevated iron content in water are considered in the article. The developed methods of removing iron in water make it possible to bring the quality of water to the required standards.*

Key words: *water, water quality standards, deferrization, deferrization methods, deironing station.*

В современном обществе растёт потребление воды на коммунальные нужды и за последние 100 лет оно выросло в 13 раз. Параллельно увеличивается количество водоисточников не отвечающих санитарным нормам в результате их истощения и загрязнения различными веществами. [4]

В Российской Федерации водой низкого качества пользуются 16,6 млн. сельских жителей (42%) из-за несовершенства систем водоснабжения, их плохого технического состояния, а также большего физического износа, составляющего более 80% . [5, 6]

В снабжении населения питьевой водой существуют две основные проблемы — это ее количество и качество. Недостаток воды для питьевых и хозяйственных нужд еще в древние времена не редко являлся причиной крупных межнациональных и межгосударственных конфликтов.

В общем количестве воды, подаваемой населению России, 68 % составляют воды из поверхностных источников и 32 % - из подземных.

В южной и центральной России, а также в Сибири многие природные источники характеризуются повышенным содержанием железа и марганца. Кроме того, железо может поступать в воду и вследствие коррозии стальных и чугунных водопроводных труб. В частности, от этого страдает почти все население Санкт-Петербурга, поскольку коррозия труб ускоряется водой реки Невы, обладающей низкой жесткостью. Население таких областей как Ивановская, Калужская, Орловская, Брянская, Тульская, Ярославская, Тамбовская, Тюменская, Читинская, Калининградская; республик Татарстан и Мордовия также потребляют питьевую воду с повышенным содержанием железа. Высоко содержание железа и марганца и в питьевой воде, подаваемой населению Республики Коми, Кировской, Воронежской и Новосибирской областей, Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов, Приморского края. Таким образом, около 50 млн. чел., т.е. одна треть населения страны, вынуждены пользоваться водой с высокой концентрацией ионов железа. [1].

Ограничение на содержание железа в питьевой воде введено рекомендациями

СанПиН 2.1.4.1074-01 по органолептическим признакам, имеет ПДК равным 0,3 мг/л. Избыточное количество железа в воде при ее употреблении просто в быту приводит к неблагоприятному воздействию на кожу, влияет на морфологический состав крови, может быть причиной возникновения аллергических реакций. Длительное употребление такой воды может привести к заболеванию печени, увеличивает риск инфарктов, негативно влияет на репродуктивную функцию организма.

Вода, содержащая железо в концентрациях 1,0-1,5 мг/л и более непригодна для питья, хотя и не представляют прямой угрозы для здоровья человека, если не пить ее постоянно. Но и в менее низкие концентрации железа в воде могут причинить значительный вред бытовой и промышленной технике.

Железо поверхностных и скважных водах встречается в различных формах. В поверхностных водах, используемых для водоснабжения городов, крупных посёлков, промышленных предприятий содержание железа обычно находится в пределах десятых долей миллиграмма на литр воды, но может превышать допустимую норму (0,3 мг/л). Как правило, железо поверхностных вод встречается в составе комплексов с солями гуминовых

кислот (гуматы).

Гуминовые комплексы железа относят к растворимому органическому железу. К органическому железу относят еще и коллоидное железо, находящееся в воде во взвешенном состоянии в составе коллоидных частиц, образованных крупными органическими молекулами (танины, лигнины), а также бактериальное железо, которое получается в процессе жизнедеятельности железобактерий, окисляющих двухвалентное железо до трёхвалентного состояния. Бактериальное железо сохраняется в желеобразной оболочке вокруг бактерий, создающих радужные пленки на поверхности водоемов (баков) или слизистые сгустки и пленки в системах водоснабжения. Гуминовые комплексы железа являются чрезвычайно устойчивыми комплексными соединениями железа. Поэтому процесс «обезжелезивания» таких комплексов складывается из достаточно большого количества стадий. [2].

В скважных водах с небольшой глубины железо присутствует в трехвалентной форме.

В артезианских водах, забираемых с большой глубины концентрация железа порой бывает наиболее высокой, до нескольких десятков миллиграммов в 1 л. В районах залегания сульфатных руд и зонах молодого вулканизма концентрации железа могут достигать сотен миллиграммов на литр.

В артезианских скважинных водах железо преимущественно присутствует в двухвалентном состоянии, обычно в виде растворенного бикарбоната – $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$.

Многообразие форм и концентраций железа, встречающихся в природных и сточных водах, вызвало необходимость разработки целого ряда методов, технологических схем и сооружений обезжелезивания воды.

Традиционные методы предварительной подготовки воды для обезжелезивания основываются:

- на окислении двухвалентного железа кислородом воздуха (аэрация);
- на химическом воздействии на двухвалентное железо или его соединений сильных окислителей (активный хлор, перманганат калия, перекись водорода, озон и т.д.).

В настоящее время наиболее широко применяемым для промышленного водоснабжения отдельных предприятий, отдельных коттеджей или коттеджных поселков является метод каталитического обезжелезивания. Метод основан на ускорении процесса реакции окисления из двухвалентного состояния железа в трехвалентное в слое зернистого материала – ка-

тализатора обезжелезивания.

Наиболее часто в качестве каталитической засыпки применяется синтетический материал «*Birm*», позволяющий эффективно и экономично удалять из воды соединения железа и марганца низких и средних концентраций.

Также довольно широко применяются каталитические засыпки на основе природных минералов, таких как доломит, цеолит, глауконит. Используются и синтетические цеолиты. На основе доломита, содержащего карбонаты кальция и магния, изготавливаются такие каталитические засыпные материалы, как «*МЖФ*», а также его модификации «*Магнофилт*» и «*Дамфер*». [3].

Одним из методов обезжелезивания с помощью введения воздуха является аэрация.

Вода, прошедшая обезжелезивание аэрацией с последующим отстаиванием и фильтрацией, уже оказывается пригодной к употреблению в качестве питьевой. Такая упрощенная схема обезжелезивания эффективна, если исходная концентрация железа в воде не превышает 10 мг/л (при содержании двухвалентного железа не менее 70% от общего), концентрация H_2S не более 2,5 мг/л.

Добавление в воду сильных окислителей значительно интенсифицирует процесс окисления двухвалентного железа. Этот процесс применяется реже, чем аэрация воды. Однако после обработки этим методом разных вод содержание железа во всех случаях остается меньше 0,1 мг/л, причем этот метод всегда эффективен, когда аэрация воды бессильна.

При ионообменном методе удаления железа применяются катиониты. Причём всё шире на смену цеолиту и другим природным ионитам приходят синтетические ионообменные смолы; эффективность использования ионного обмена при этом значительно возрастает.

Любые катиониты способны удалять из воды не только растворённое железо, но также и другие двухвалентные металлы, в частности кальций и магний, для чего они в первую очередь и применяются. Теоретически методом ионного обмена можно удалять из воды очень высокие концентрации железа, при этом не потребуется стадии окисления двухвалентного железа с целью получения нерастворимого гидроксида. Однако на практике возможности применения данного метода значительно ограничены.

Биологическое обезжелезивание подразумевает использование железобактерий, окисляющих двухвалентное растворённое железо до трёхвалентного, в целях очистки воды, с последующим удалением коллоидов и

бактериальных плёнок в отстойниках и на фильтрах. В некоторых случаях это оказывается единственным приемлемым способом снизить содержание железа в воде.

Очистку воды от избытка железа производят на станциях обезжелезивания.

Первые станции обезжелезивания воды были построены в Германии в Галле (1868 г.) и Шарлоттенбурге (1874 г.).

В 1968 - 1970 годах были утверждены первые типовые проекты станций, которые были реализованы строительством во многих населенных пунктах России.

На Дальнем Востоке за последние 30 лет построено около 100 установок по очистке подземных вод, в основном с применением технологии упрощенной аэрации с последующим фильтрованием.

Самая крупная в России станция обезжелезивания построена в Курске мощностью до 90 тыс. м³/сут.

В Володарском районе Брянска в 2011 г. открыли станцию обезжелезивания подземных вод на водозаборе «Деповской», который обеспечивает питьевой водой 35 тысяч человек на Новостройке и в центральной части района.

Три станции обезжелезивания и обеззараживания воды планируется построить в городе Борисоглебске Воронежской области. Эта мера позволит решить крайне болезненный для города вопрос чистой воды.

В Орле в 2016г открыта станция обезжелезивания воды. Проектная мощность станции – 75 тысяч кубометров воды в сутки. Станция очищает воду от избыточного железа для 60% потребителей Орла.

Литература

1. Зверева Л.А. Проблемы питьевого водоснабжения в сельской местности // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: материалы Международной научно-технической конференции (22-24 сентября 2008 года). Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2008.

2. Зверева Л.А. К проблеме энергосбережения в системах сельскохозяйственного водоснабжения // Проблемы энергетики и природопользования. Вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии: материалы Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2010.

3. Зверева Л.А. Проблемы питьевого водоснабжения в сельской

местности // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: материалы Международной научно-технической конференции (22-24 сентября 2013 года). Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013.

4. Байдакова Е.В. Методика экспериментальных исследований распределение радионуклидов по территории // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: материалы международной научно-технической конференции. Брянск, 2008. С. 3-6.

5. Байдакова Е.В. Моделирование процесса распределения Цезия-137 по территории // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2008. № 4. С. 128-133.

6. Байдакова Е.В., Байдаков Е.М. Использование цеолитов для очистки воды от радионуклидов // Агроконсультант. 2011. № 1. С. 29-35.

7. Байдакова Е.В. Мероприятия, ускоряющие поверхностный, внутререпочвенный и грунтовый сток // Проблемы энергетики и природопользования вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2010. С. 25-28.

8. Водоприемный оголовок шахтного водосброса / В.Н. Кривопускова, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, О.Н. Дёмина // Международная научно-техническая конференция. 2012. С. 40-42.

УДК 626/627

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ЗВЕРЕВА Л.А., ФИЛИППОВ К.Г.

Аннотация: В данной статье рассматривается новый метод изготовления кирпича, особое внимание уделено простоте и стоимости изготовления. На основе изучения наночастиц песка установлено, что при измельчении пека до наночастиц частицы песка быстрее доходят до температуры плавления, при пониженном атмосферного давлении и что самое важное при этом температура при которой начинает плавиться песок снижена до 1100-1200 °С.

Ключевые слова: наночастицы, новый метод, низкое атмосферное давление, конкурентоспособность, кирпич, отсутствие вяжущего вещества, низкая температура печей.

NANOTECHNOLOGIES IN HYDROTECHNICAL CONSTRUCTION

FILIPPOV K.G., ZVEREVA L. A.

Abstract: *This article considers a new method for making bricks, special attention is paid to the simplicity and cost of manufacturing. Based on the study of sand nanoparticles, it is established that when the pitch is ground to nanoparticles, the sand particles quickly reach the temperature n In this article the new method of production of a brick is considered, special attention is paid to simplicity and cost of production. On the basis of studying of nanoparticles of sand it is established that when crushing pitch to sand particle nanoparticles reach melting temperature, with a pressure lowered atmospheric quicker and that the most important at the same time temperature at which begins melts sand it is lowered to 1100-1200 °C.*

Keywords: *nanoparticles, a new method, low atmospheric pressure, competitiveness, a brick, lack of the knitting substance, low temperature of furnaces.*

Безусловно, нанотехнология в строительстве имеет очевидные перспективы. Это связано с идентичностью процессов, происходящих при синтезе наноразмерных объектов и при производстве строительного материала. Таким образом решаются экологические вопросы нанотехнологии, которые особенно актуальны при использовании синтезированных наночастиц (фуллеренов, нанотрубок и др.). В мировой практике такое экологичное направление названо «The modern environment friendly nanotechnology». Уже сейчас разработаны высокопрочные материалы, применение которых обеспечит уменьшение геометрических размеров конструкции, а, следовательно, уменьшение ее массы с очевидными последствиями. Бетон—один из основных строительных материалов. Разработка долговечного и высокопрочного бетона является весьма актуальным.

Несмотря на то, что доля используемых в строительстве наноматериалов слишком мала — менее чем 1% [1], перспективы использования их очень велики, особенно в гидротехническом строительстве.

О приоритетных направлениях производства новых строительных материалов, в частности наноцементов и бетонов на их основе, указывается в Распоряжении Правительства РФ от 10 мая 2016 г. «О стратегии развития промышленности строительных материалов на период

до 2020 г. и дальнейшие перспективы до 2030». [5] Наибольшие перспективы в технологии бетонов с целью повышения их прочности и других эксплуатационных свойств в настоящее время связывают с применением тонко-дисперсных порошков и волокон (вплоть до наноразмеров) в сочетании с пластификаторами и суперпластификаторами, особенно на основе модифицированных поликарбонатов, обладающих по сравнению с суперпластификаторами MSF или NSF (известные у нас как С-3, СП-1) и LS (ЛСТ) существенно большим разжижающим эффектом. Дополнительное снижение водоцементного отношения в бетонных смесях в совокупности с микро- и нанокремнезёмом, базальтовой и углеродной фиброй позволяет получать ультравысокопрочные бетоны с пределом прочности на сжатие 500–600 МПа и более, непроницаемые для жидкостей и газов, с практически неограниченной морозостойкостью, а также другие виды высокотехнологичных бетонов. Согласно расчетам нанобетон может без проблем просуществовать до 500 лет [1].

Кроме бетонов в строительстве большой популярностью пользуется применение кирпича. В настоящее время существуют 2-а основных способа получения строительного кирпича: обжиговый (в основном керамический кирпич, получаемый путем обжига специально подготовленной глины) и с применением вяжущего вещества (основные из них: силикатный – изготавливаемый с применением песка и извести, и бетонный – с применением песка и цемента).

Рост цен на строительные материалы подтолкнул к поиску новых способов производства кирпичей с целью снижения стоимости продукции. В лабораторных условиях был получен новый материал для производства кирпичей из природного песка с применением так называемых микрочастиц оксида кремния. Суть технологии сводится к мокрому помолу определенной части природного песка до удельной поверхности около 4000 см²/г, дальнейшему смешению его с не молотым природным песком, прессованием полученной смеси в форму кирпича и дальнейшей термической обработке в специальной печи при температуре 1100–1200 °С и давлении значительно ниже атмосферного. [2;3]

Как достичь такого результат? Все дело в том, что песок, измельченный до микрочастиц, при термической обработке и пониженном атмосферном давлении значительно быстрее разогревается до температуры плавления, при этом мелкие частицы оксида кремния не только сплавля-

ются между собой, но и вплавляются в поверхность зерен не молотого песка и спекаются в прочную монолитную структуру. Сверхнизкое давление в зоне термообработки позволяет существенно понизить температуру плавления песка, которая в нормальных условиях составляет около 1700 °С, а это основная проблема, почему до сих пор не было подобных технологий производства строительного кирпича. Помимо данной технологии был проведен ещё один эксперимент, где применялась очень дешёвая добавка (ноу-хау) в соотношении с песчаной смесью (молотый и не молотый песок) 1:99, при этом температура термической обработки была снижена до 900 °С и убран процесс вакуумирования. По внешним данным полученный материал полностью соответствовал материалу, изготовленному по технологии с применением вакуумирования. [4]

Конкурентные преимущества несомненны.

Во-первых: отсутствует вяжущее вещество, которое обычно применяют при производстве силикатных кирпичей, а это значит, что стоимость продукции может снизиться на 35–40 %.

Во-вторых: в отличие от керамических кирпичей отсутствует длительный процесс подготовки сырья (глины), где цикл изготовления готового продукта может растягиваться на месяц. Общее время производства продукта по новой технологии не превышает 12 часов. Кроме того, по предварительным оценкам стоимость продукта не будет превышать 3,5 руб. за шт., в то время как существующие аналоги кирпичей стоят в пределах 5–6 руб./шт.

В-третьих: спекшаяся в монолит структура имеет высокую химическую стойкость к водным и агрессивным средам.

В-четвертых: производство продукции из данного материала можно развернуть в любом регионе, где в наличии имеется природный песок и газоснабжение.

Важно отметить, что из данного материала возможно изготовление не только строительного кирпича, но и плитки (тротуарной, фасадной, облицовочной и т.п.), тротуарных и дорожных бордюров, черепицы для кровли и т.д.

Литература:

1. Перспективы использования нанотехнологий в строительной отрасли Республики Беларусь / А.М. Гаман, Е.О. Остроголовая, О.И. Гушель. Минск: Белорусский Национальный Технологический Университет.

2. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям. Производство керамических изделий (перевод) [Электронный ресурс] // М.: Проект "Гармонизация экологических стандартов II - Россия", 2009. URL: http://14000.ru/brefs/BREF_Ceramics.pdf

3. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency (Комплексное предупреждение и контроль загрязнений. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности) [Электронный ресурс] // Seville: Institute for Prospective Technological Studies, European IPPC Bureau. URL: <http://eippcb.jrc.es/reference>

4. Кровопускова В.Н. АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ГИДРОСООРУЖЕНИЙ С БОЛЬШИМ СРОКОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ // Проблемы энергетики и природопользования: материалы научно-практической конференции. Брянск, 2007. С. 115-119.

5. Байдакова Е.В. Моделирование процесса распределения Цезия-137 по территории // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2008. № 4. С. 128-133.

6. Байдакова Е.В., Байдаков Е.М. Использование цеолитов для очистки воды от радионуклидов // Агроконсультант. 2011. № 1. С. 29-35.

7. Ториков В.Е., Подобай Н.В. Анализ и перспективы развития экономики Брянской области // Агроконсультант. 2017. № 4. С. 45-48.

УДК 546.36:631.438

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ СУБЛИМАЦИИ РАДИОАКТИВНОЙ ПОЧВЫ

ВАСИЛЕНКОВ В.Ф., ВАСИЛЕНКОВ С.В.

SOME RESULTS OF THE STUDY OF SUBLIMATION OF RADIOACTIVE SOIL

VASILENKO V. F., VASILENKO S. V.

Почвы являются сложной дисперсной системой минеральных частиц и органических веществ в коллоидном состоянии. В истинно коллоидных дисперсиях размер частиц находится в интервале 2-100 нм (1 нм = 0,001 мкм).

Самая маленькая частица твердого вещества не может иметь размер меньше 0,001 мкм. Необходимо минимум 20-30 молекул /1/. Одна молекула ^{137}Cs имеет массу $22 \cdot 10^{-23}$ г. Самая минимальная частица цезия будет иметь массу порядка 10^{-20} граммов.

Известно, что масса 11,5 мг ^{137}Cs имеет активность 1 Ки. Так что значение особенностей переноса мельчайших коллоидных частиц и молекул от поверхности почвы в окружающую среду может помочь частично выявить причины снижения радиационного фона с течением времени на загрязненных радиацией территориях.

В результате испарения влаги из почвы в летний период верхний слой пересыхает и перегревается в дневное время. Так как теплопроводность сухой почвы незначительна, передача тепла сверху вниз в глубину идет слабо. В верхних слоях почвы возникают высокие градиенты температур. Но именно в верхних слоях сосредоточено 90% цезия. Сублимация вещества, т.е. переход от твердого состояния сразу в газообразное требует притока тепловой энергии, которая расходуется на преодоление притяжения молекул друг к другу в твердом веществе.

Температура почвы начинает повышаться после восхода солнца (5 час), нарастает до полудня и затем снижается до 21 часа и более интенсивно в течение всей ночи.

В периоды охлаждения почвы может проявиться свойственное аэрозолям явление термофореза – удаление частиц аэрозоля от нагретой поверхности и перенос их к более холодным местам /2/. Восходящий воздушный поток поднимает частицы к облакам, где они седиментируют.

Основным дозообразующим радиоизотопом на территориях, загрязненных Чернобыльскими выбросами считают ^{137}Cs . Долгоживущий изотоп ^{90}Sr на территории Брянской области выпал в незначительных количествах.

Цезий – 137 сосредоточен главным образом в верхнем 0-10 см слое почвы, если почва не распахана. Образцы почвы для лабораторных исследований отбирались на дерновоподзолистых пылеватых песчаных почвах из верхнего 10 см слоя на территории населенного пункта Колодезский Новозыбковского района, попавшего в зону отселения после аварии на ЧАЭС. Исходная удельная активность для первого опыта 6014 Бк/кг, для второго - 6402 Бк/кг. Она определялась на радиометре РУБ – 01 П6 с блоком детектирования БДКГ – 03П.

Размельченная до порошкообразного состояния почва насыпалась в цилиндрические сосуды с площадью сублимации $107,5 \text{ см}^2$. Толщина слоя

почвы – 3,4 см, сухой вес 463,6 г. В первом опыте порошок почвы уплотнялся постукиванием о стол 110 раз. Во втором опыте после 110 кратного постукивания почва уплотнялась замачиванием 100 г дистиллированной воды и последующим высушиванием. Сосуды помещались под электрокалорифер, т.е. нагрев почвы осуществлялся сверху. Температура на поверхности почвы была 33-40⁰. Комнатная температура в первом опыте – 22 - 23⁰С, после отключения парового отопления – 13 – 14⁰С. Во втором опыте температура в комнате оставалась в пределах 18 – 20⁰С.

В первом опыте проведено 9 циклов сублимации продолжительностью каждого цикла 5 суток, во втором опыте – 8 циклов по 5-7 суток каждый. После каждого цикла почва охлаждалась до комнатной температуры и определялась удельная активность.

Результаты измерений нанесены на Рис. 1 и Рис. 2.

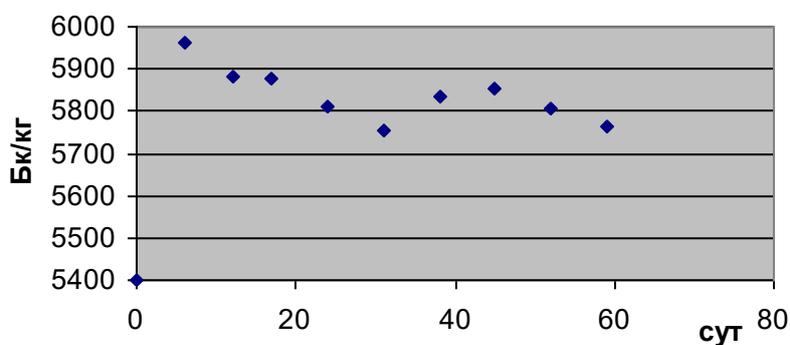


Рис. 1. Сублимация порошкообразной почвы

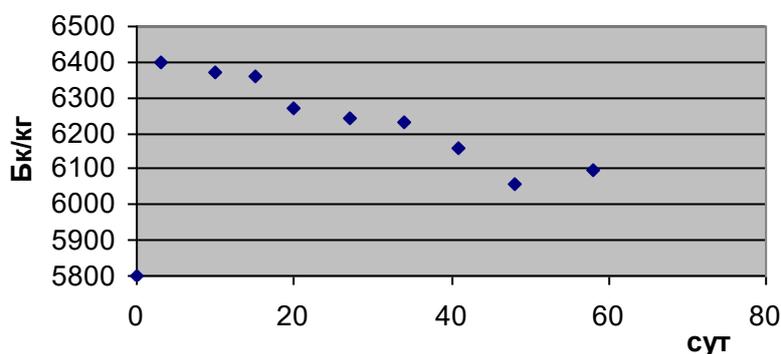


Рис. 2. Сублимация почвы, уплотненной замачиванием водой

В первом опыте с порошкообразной почвой удельная активность за 60 суток снизилась с 6014 Бк/кг до 5763 Бк/кг т.е. на 251 Бк/кг во втором опыте за 58 суток - с 6402 Бк/кг до 6098 Бк/кг или на 304 Бк/кг. На более

уплотненной почве сублимация шла интенсивнее.

Естественный распад цезия за 2-х месячный срок по нашим расчетам для начальной удельной активности 6000 Бк/кг составляет 22 Бк/кг.

Литература

1. Белоус Н.М., Ториков В.Е., Соколов Н.А. Биологизация – основа преодоления деградации почвенного плодородия в Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2018. № 5 (69). С. 3-11.

2. Байдакова Е.В. Методика экспериментальных исследований распределение радионуклидов по территории // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: материалы международной научно-технической конференции. Брянск, 2008. С. 3-6.

3. Байдакова Е.В. Регулирование перемещения по территории мелиоративными мероприятиями: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Московский государственный университет природообустройства. М., 2009.

4. Байдакова Е.В. Регулирование перемещения по территории мелиоративными мероприятиями: дис. ... канд. тех. наук / Московский государственный университет природообустройства. Брянск, 2009.

5. Байдакова Е.В. Анализ экспериментальных исследований по концентрации радионуклидов в почве // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: материалов международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 3-6.

6. Байдакова Е.В., Байдаков Е.М. Использование цеолитов для очистки воды от радионуклидов // Агроконсультант. 2011. № 1. С. 29-35.

7 Байдакова Е.В. Мероприятия, ускоряющие поверхностный, внутререпочвенный и грунтовый сток // Проблемы энергетики и природопользования вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2010. С. 25-28.

МЕТОДИКА НАЗНАЧЕНИЯ ДАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОЛИВОВ ДОЖДЕВАНИЕМ

ВАСИЛЕНКОВ В.Ф., АКСЁНОВ Я.А.

В статье рассмотрен метод определения нижнего порога влажности почвы на основе экспериментов и расчётов по математической модели. В предложенной математической модели нижний допустимый порог влажности характеризуется параметром Z_{∞} , соответствующим замедлению испарения, которое может наступать в разные моменты времени суток. В статье описаны опыты, целью которых было определение предела испарения с использованием математической модели. Почвенные колонки предварительно насыщались до предельной полевой влагоёмкости. Процесс испарения влаги в течение суток фиксировался при помощи измерения веса почвенных колонок, результаты наносились на графики. Параметр Z_{∞} при $t_{\text{воздуха}} = +17^{\circ}\text{C}$ в лаборатории составил: в почвенной колонке с толщиной слоя почвы 5 см – 39,85 мм, 10 см – 50,08 мм, 15 см – 59,81 мм, 20 см – 62,77 мм. Затем колонки устанавливались в поле таким образом, чтобы уровень почвы в колонке соответствовал уровню земли, дневная температура воздуха составляла $+38^{\circ}\text{C}$. Параметр Z_{∞} достиг: в колонке с толщиной слоя почвы 5 см – 18,69 мм, 10 см – 23,95 мм, 15 см – 25,67 мм, 20 см – 27,05 мм. Оказалось, что при низкой температуре воздуха иссушение почвы происходит сильнее, чем при высокой температуре, то есть, процесс наступления снижения тургора растягивается во времени. Обработка данных по испарению с использованием математической модели позволяет получить допустимые пределы влажности почвы в течение суток и производить корректировку поливов.

Минимально допустимый предел влажности почвы, капилляры, почвенная колонка, испарение, математическая модель, поливы.

The article describes the method of determining the lower threshold of soil moisture on the basis of experiments and calculations on the mathematical model. In the proposed mathematical model, the lower permissible humidity threshold is characterized by the parameter Z_{∞} , corresponding to the slow-down in evaporation, which can occur at different times of the day. The article

describes experiments aimed at determining the evaporation limit using a mathematical model. Soil columns were pre-saturated to the limit of field water capacity. The process of evaporation of moisture during the day was recorded by measuring the weight of soil columns, the results were plotted. Parameter Z_{∞} at air = + 17°C in the laboratory was: in the soil column with the thickness of the soil layer 5 cm-39,85 mm, 10 cm-50,08 mm, 15 cm-59,81 mm, 20 cm-62,77 mm. Then the columns were installed in the field so that the soil level in the column corresponds to the ground level, the daily air temperature was + 38°C. Parameter Z_{∞} reached: in the column with the thickness of the soil layer 5 cm-18,69 mm, 10 cm-23,95 mm, 15 cm-25,67 mm, 20 cm-27,05 mm. It turned out that at a low temperature of air drying of the soil occurs more strongly than at a high temperature, that is, the process of occurrence of decrease in turgor stretched in time. Processing of data on evaporation using a mathematical model allows to obtain permissible limits of soil moisture during the day and to make adjustments of watering.

The minimum acceptable limit of moisture content, capillary soil column, evaporation, mathematical model, glaze.

Введение. Оптимизация водного режима почвы достигается, прежде всего, совершенствованием технологий полива, играющим решающую роль в повышении урожайности, в эффективном использовании воды, удобрений и других ресурсов. Считается, что в интервале НВ – ВРК (наименьшая влагоёмкость – влажность разрыва капилляров) влага для растений легкодоступна и высокоэффективна. Тем не менее, ещё Костяков А.Н., потом Роде А.А. и др. считали, что величина этих пределов исследована недостаточно. [1,2,3,9,10]

Методы исследования. В лабораторных опытах Брянского ГАУ четыре почвенных колонки с разной толщиной слоя суглинка (5, 10, 15 и 20 см) насыщались водой до состояния предельной полевой влагоёмкости (ППВ), затем они испарялись в течение месяца с ежедневным контролем изменения веса при средней температуре окружающего воздуха +17°C и постоянной влажности воздуха, отсутствии ветра и прямого солнечного излучения. В других опытах такие же почвенные колонки насыщались до ППВ, затем испарялись шесть суток с ежедневным контролем при средней температуре окружающего воздуха +30° С и постоянной влажности воздуха, отсутствии ветра и прямого солнечного излучения. В третьей серии эксперименты с испарением с почвенных колонок проводились на откры-

том воздухе при максимальной дневной температуре + 38° С. В четвёртой серии почва в колонках с толщиной слоя почвы 20 см нагревалась до температуры +33° С, поливная вода имела температуру +22°. С помощью рефлектора в лаборатории имитировалось прямое солнечное излучение через каждые два часа, затем производился контроль изменения веса.

Результаты исследования. Данные опытов приведены в таблице 1. Как видно из таблицы 1, максимальное количество испарившейся влаги Z_{∞} , соответствующей ВРК, достигается при температуре воздуха +17° С. К примеру, в слое почвы 20 см Z_{∞} в лаборатории при низкой температуре составила 62,77 мм, а в реальных условиях при температуре воздуха +38° С всего 17,8 мм. Воздух, находящийся в капиллярах почвы, нагревается, и его вязкость, как известно из физики, увеличивается, его поступление в освободившиеся от воды в результате испарения капилляры, затрудняется.

Таблица 1 - Испарения с почвенных колонок в различных условиях

| Опыты | Z_0 , мм | Z_{∞} , мм | $1/\mu_1 N_{ВВ}$, 1/сут |
|--|------------|-------------------|-----------------------------|
| Слой почвы 5 см, $S = 70,882 \text{ см}^2$ | | | |
| Испарения с колонок при $t_{\text{возд}} = + 17^\circ \text{ С}$ в лаборатории | 22,14 | 39,85 | 0,111 |
| Испарения с колонок при $t_{\text{возд}} = + 30^\circ \text{ С}$ в лаборатории | 8,46 | 35,55 | 0,308 |
| Испарения с колонок при $t_{\text{возд}} = + 38^\circ \text{ С}$ в реальных условиях | 4,11 | 18,69 | 0,318 |
| Слой почвы 10 см, $S = 70,882 \text{ см}^2$ | | | |
| Испарения с колонок при $t_{\text{возд}} = + 17^\circ \text{ С}$ в лаборатории | 14,1 | 50,08 | 0,105 |
| Испарения с колонок при $t_{\text{возд}} = + 30^\circ \text{ С}$ в лаборатории | 11,29 | 39,93 | 0,302 |
| Испарения с колонок при $t_{\text{возд}} = + 38^\circ \text{ С}$ в реальных условиях | 4,9 | 23,95 | 0,308 |
| Слой почвы 15 см, $S = 70,882 \text{ см}^2$ | | | |
| Испарения с колонок при $t_{\text{возд}} = + 17^\circ \text{ С}$ в лаборатории | 15,51 | 59,81 | 0,097 |
| Испарения с колонок при $t_{\text{возд}} = + 30^\circ \text{ С}$ в лаборатории | 28,22 | 41,2 | 0,297 |
| Испарения с колонок при $t_{\text{возд}} = + 38^\circ \text{ С}$ в реальных условиях | 18,34 | 25,67 | 0,318 |
| Слой почвы 20 см, $S = 70,882 \text{ см}^2$ | | | |
| Испарения с колонок при $t_{\text{возд}} = + 17^\circ \text{ С}$ в лаборатории | 14,44 | 62,77 | 0,077 |
| Испарения с колонок при $t_{\text{возд}} = + 30^\circ \text{ С}$ в лаборатории | 26,81 | 43,88 | 0,308 |
| Испарения с колонок при $t_{\text{возд}} = + 38^\circ \text{ С}$ в реальных условиях | 19,25 | 27,05 | 0,318 |
| Испарения под рефлектором $t_{\text{возд}} = + 32^\circ \text{ С}$ $t_{\text{воды}} = + 22^\circ \text{ С}$ $t_{\text{почвы}} = + 33^\circ \text{ С}$ | 10,59 | 19,64 | 0,308 |

Вязкость газов определяется по формуле: $\eta = \frac{1}{3} m n \bar{u} \lambda$, где m – масса молекулы, \bar{u} – средняя скорость молекул, λ – длина свободного пробега между двумя соударениями молекул, n – число молекул в единице объёма.

Так как средняя скорость молекул возрастает с ростом температуры (так же, как и « λ »), то вязкость газов увеличивается при нагревании пропорционально \sqrt{T} , а вязкость воды – наоборот. Таким образом, образуется вакуум, тормозящий испарение.

Способствовать образованию вакуума может избыточное насыщение влагой верхнего слоя почвы вследствие атмосферных осадков. Это также подтверждается опытами А.А. Черкасова, А.М. Алпатьева, в которых при насыщении почвы водой свыше 80% скважности, аэрация почвы серьёзно затрудняется. [8]

Температура воздуха в течение суток постоянно меняется – возрастает днём, снижается ночью. Соответственно, меняется величина вакуума, тормозящего испарение воды. Допустимый предел минимального содержания влаги в почве (ВРК по Роде А.А.) для дневных и ночных периодов в течение суток должен меняться. Этот предел не может быть константой.

В учебнике [4] приводится график изменений запасов влаги в расчётном слое почвы в течение вегетации, на котором отображается схема поливов за сезон. Первый полив производится до ППВ в конце второй декады мая, затем влажность почвы опускается практически до ВРК, после чего производится новый полив. Начиная с третьей декады июня уровень влажности доводится практически до ППВ, далее идёт испарение до ВРК.

Ю.А. Мажайский и др.[11] приводят графики динамики внутрисуточного водопотребления и метеофакторов, из которых видно, что в период роста температуры (в период с 6:00 утра до 14:00) растёт и водопотребление. Но, после 14:00 и вплоть до 18:00 температура продолжает расти, а водопотребление начинает снижаться и к 19:00 достигает ВРК!

Движение почвенной влаги в процессе испарения характеризуется схемой, представленной на рис. 1.

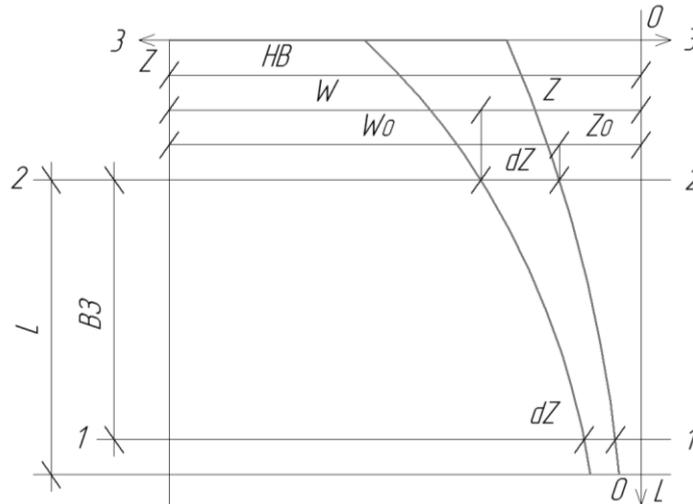


Рис. 1. Схема процесса влагопереноса в почвенном профиле:

1-1 – граница водосбора;

2-2 – рассматриваемое горизонтальное сечение;

3-3 – поверхность почвы в почвенной колонке;

W – зона почвенного профиля, занятого влагой;

Z – осушенный в результате испарения влаги слой почвенной толщи в сечении 2-2;

H_b – зона почвенной толщи, занятой влагой при насыщении до ППВ;

Напишем уравнение баланса в дифференциальной форме:

$$l\varphi K_c dZ = \frac{KPW dt}{L} \quad (1)$$

где K – коэффициент влагопроводности почвы;

K_c – коэффициент содержания влаги в почве в процентах от сухого веса при влажности, близкой к ППВ;

P – давление менисков, пропорциональное Z: $P = \alpha Z$;

α – коэффициент пропорциональности.

Так как $W = H_b - Z$, то

$$\frac{dz}{dt} = \frac{K\alpha(H_b - Z)Z}{Ll\varphi K_c} \quad (2)$$

где φ – коэффициент, характеризующий форму кривой, ограничивающей капиллярные мениски.

Введём комплексный параметр, константу скорости: $\eta_1 = \frac{K\alpha}{Ll\varphi K_c}$

$$\text{тогда} \quad \frac{dz}{dt} = \eta_1 (H_b - Z)Z \quad (3)$$

Интегрируя уравнение (3) при $t = 0$ и $Z = Z_0$, получаем:

$$Z = \frac{H_B}{1 + \frac{H_B - Z_0}{Z_0} e^{-\eta_1 H_B t}}$$

Полученное выражение описывает закономерность изменения запасов влаги в почве по времени в процессе испарения. Но, в процессе испарения, одновременно с увеличением иссушенной зоны, происходит уменьшение мощности насыщенной зоны и уменьшение скорости снижения запасов влаги под действием вакуума до $dZ/dt = 0$. При этом бывшая часть иссушенной зоны под влиянием вакуума, присоединяется к насыщенной зоне и в дальнейшем ничем не отличается от насыщенной зоны.

Скорость снижения запасов влаги описывается уравнением:

$$\frac{dZ}{dt} = \eta_1 (H_B - Z)Z - \eta_2 Z^2 \quad (4)$$

Из условия равновесия $dZ/dt = 0$, когда $Z \rightarrow Z_\infty$, можно найти соотношения между равновесной мощностью иссушенной зоны Z_∞ и мощностью насыщенной зоны, разделив обе части уравнения на $\eta_2 Z_\infty$:

$$Z_\infty = H_B \frac{\eta_1}{\eta_1 + \eta_2} \quad (5)$$

Проинтегрируем уравнение (4) с учётом (5) при начальных значениях $t = 0$ и $Z = Z_0$, получим аналитическое выражение:

$$Z = \frac{Z_\infty}{1 + \frac{Z_\infty - Z_0}{Z_0} e^{-\eta_1 H_B t}} \quad (6)$$

Z_∞ – количество влаги, испарившееся из колонки за бесконечный период времени, или количество влаги, которое должно покинуть слой почвы для достижения им минимально допустимого порога влажности.

Данная математическая модель предлагает получать допустимый предел снижения влажности, характеризуемый параметром Z_∞ , а не привязывать ВРК по процентному отношению к ППВ.

По словам Роде А.А.: «В интервале влажности от НВ и ВРК достаточная подвижность влаги создаёт, по-видимому, полную обеспеченность растений влагой. Мы говорим «по-видимому», так как прямых опытных данных для этого интервала влажности не имеется.» [10]

Определим допустимый предел снижения влажности на примере расчёта испарений с почвенной колонки толщиной слоя почвы 20 см по предложенной математической модели. Почвенные колонки были установлены таким образом, чтобы поверхность почвы в колонке была на одном уровне с поверхностью земли. Температура воздуха составляла $+38^\circ$ С. Контроль веса производился каждые 2 часа, в том числе и в ночные часы – с 23:00 до 08:00 следующего дня. Нанесём данные на график

рисунка 3.

Рассчитаем параметры кинетической кривой испарения: скоростной коэффициент $\mu_1 H_{\text{ВВ}}$ и Z_{∞} , принимая недостаток до ППВ 0,01 кг. ($Z_0 = 0,01$ кг).

$$\Psi_1 = \frac{0,033-0,01}{0,033} = 0,75; \quad \Psi_2 = \frac{0,06-0,033}{0,06} = 0,45; \quad \Psi_3 = \frac{0,07-0,06}{0,07} = 0,142;$$

$$\Psi_4 = \frac{0,073-0,07}{0,073} = 0,041; \quad \Psi_5 = \frac{0,074-0,073}{0,074} = 0,013$$

Наносим полученные точки на график зависимости $\Psi = f(Z)$ и определяем $\mu_1 H_{\text{ВВ}}$ и Z_{∞} .

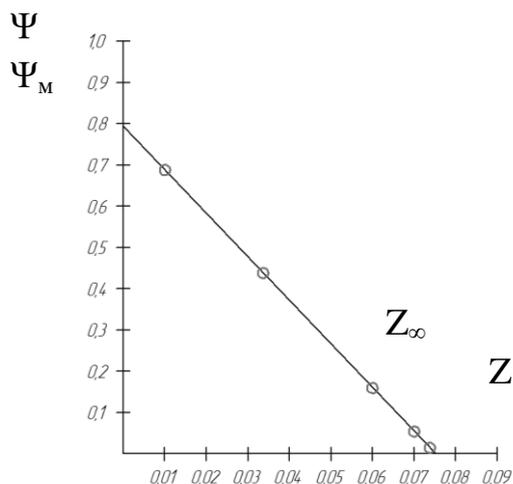


Рис. 2. Зависимость $\Psi_M = f(Z)$ для дневного периода

По оси абсцисс прямая отсекает отрезок длиной 0,075, что соответствует $Z_{\infty} = 0,075$ кг. По оси ординат прямая попадает на отметку 0,79, то есть $\Psi_M = 0,79$.

Далее рассчитаем скоростной коэффициент $\mu_1 H_{\text{ВВ}}$ по формуле:

$$\mu_1 H_{\text{В}} = -\frac{\ln(1-\Psi_M)}{\Delta t} = -\frac{\ln(1-0,79)}{2} = 0,78 \text{ 1/сут}$$

Для определения теоретических точек на графике рассчитаем Z в зависимости от времени t .

$$Z = \frac{0,075}{1 + \frac{0,075-0,01}{0,01} e^{-\mu_1 H_{\text{В}} t}}$$

Наносим теоретические точки на график рисунка 3 и видим, что они совпадают с экспериментальными. Это говорит о высокой точности расчёта параметров с использованием данной модели, а небольшие отклонения теоретических точек на 1 гр можно объяснить погрешностью измерительного прибора.

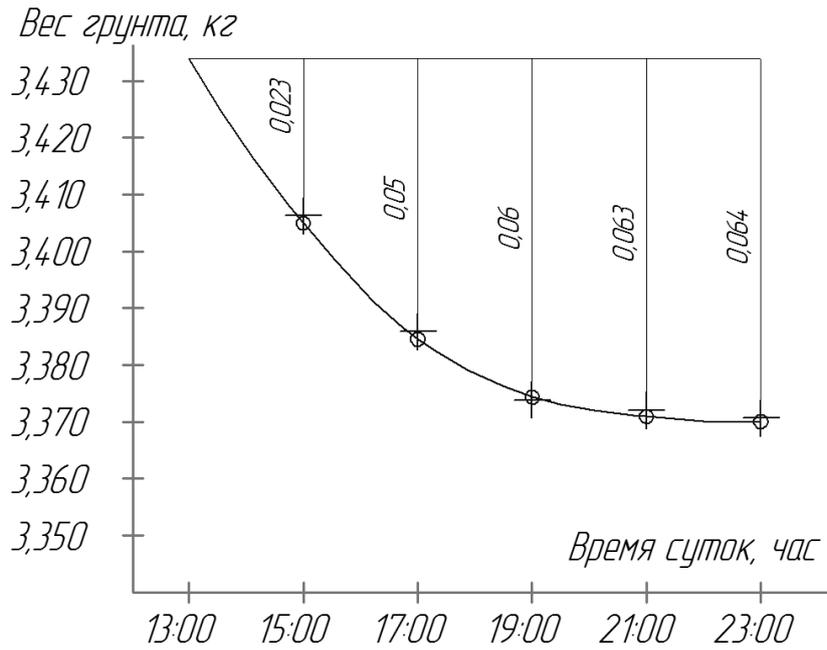


Рис. 3. Испарение при максимальной температуре воздуха +38° С

Теоретические точки Экспериментальные точки

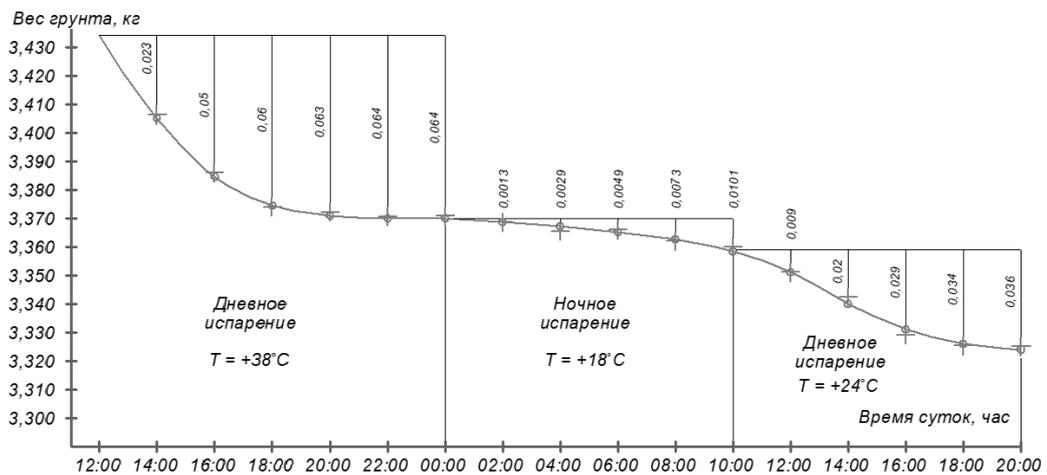


Рис. 4. Обобщённый график испарения за 1,5 суток в полевых условиях

Теоретические точки Экспериментальные точки

Первый дневной период характеризуется предельным порогом снижения влажности – 75 гр или 7,22 мм (9,17% от ППВ), ночной период – 159 гр или 15,3 мм (19,4% от ППВ), второй дневной период – 121 гр или 11,64 мм (14,8% от ППВ).

Выводы. Исходя из полученных данных можно сделать вывод о том, что при различных метеорологических условиях нижний порог влажности почвы, характеризуемый параметром Z_{∞} , постоянно изменяется в течение суток. К концу дня испарение почти прекращается, а в ночное время снова восстанавливается.

В производственных условиях необходимо по датчикам влажности каждый час фиксировать, как идёт испарение и осуществлять поливы в соответствии с почасовым ходом водопотребления.

Литература

1. Система капельного орошения на землях Брянского ГАУ / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Я.А. Аксёнов // Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 4. С. 16-24.
2. Василенков В.Ф. Экологическая и экономическая оптимизация эксплуатационного режима орошения современными дождевальными машинами / В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Ю.А. Мажайский, О.Н. Демина, Е.А. Мельникова // Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета имени П.А. Костычева. 2015. № 4 (28). С. 85-92.
3. Василенков В.Ф., Демина О.Н., Мельникова Е.А. Разработка модели влагопереноса с целью планирования водопользования при орошении дождевальными установками // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 1. С. 3-9.
4. Голованов, А.И. Природообустройство. Санкт-Петербург: Лань, 2015. 558 с.
5. Константинов, А.Р. Испарение в природе. Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1968. 529 с.
6. Роде, А.А. Основы учения о почвенной влаге. М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2008. 664 с.
7. Разработка методики, алгоритмов и модели информационно-аналитической системы оптимизации планирования водопользования на гидромелиоративных системах с использованием методов системного анализа: отчёт о НИР / О.Н. Демина, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков и др. Брянская область: Брянский ГАУ, 2015. 94 с.
8. Судницын И.И. Движение почвенной влаги и водопотребление растений. М.: Изд-во Московского университета, 1979. 255 с.
9. Харченко, С.И. Гидрология орошаемых земель. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1968. 246 с.

10. Шуравилин А.В., Кибек А.И. Мелиорация. М.: ЭКСМОС, 2006. 944 с.
11. Роде, А.А. Основы учения о почвенной влаге: монография. Гидрометеоиздат. Ленинград, 1965. 663 с.
12. Экологические аспекты орошения земель в условиях техногенного загрязнения / Ю.А. Мажайский, В.И. Желязко, Н.Н. Дубенок, Т.М. Гусева, С.А. Тобратов // Экономические аспекты мелиорации земель юга Нечерноземья. М., 2003. 319 с.
12. Байдакова Е.В., Байдаков Е.М. Использование цеолитов для очистки воды от радионуклидов // Агроконсультант. 2011. № 1. С. 29-35.
13. Байдакова Е.В. Методика экспериментальных исследований распределение радионуклидов по территории // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: материалы Международной научно-технической конференции. Брянск, 2008. С. 3-6.
14. Байдакова Е.В. Мероприятия, ускоряющие поверхностный, внутререпочвенный и грунтовый сток // Проблемы энергетики и природопользования вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии сборник материалов Международной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2010. С. 25-28.

УДК 626.8:631.615

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ОСУШАЕМОГО ТОРФА НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕГО ОСАДКИ

ДУНАЕВ А.И.

При проектировании гидромелиоративных систем на торфяниках существует проблема оценки изменяющихся в процессе осушения водно-физических свойств торфа. Решение этой проблемы осуществляется посредством прогнозирования изменений свойств торфа и учета их при обосновании проектных решений.

Существующие методы оценки изменения показателей свойств торфа и параметров торфяной залежи [1] в своей основе не используют показатели плотности торфа и имеют следующие недостатки:

- охватывают только наддренную толщу торфяника и не учитывают того, что поддренная толща торфа также подвержена изменениям;

- широко используются «конечные» эмпирические формулы для оценки изменяющихся параметров и свойств торфяной залежи, где не учитываются многие конкретные факторы;

- широко используются методы аналогии, т.е. в отдельных случаях проектные решения принимаются без исполнения расчетов – на основе существующих практических рекомендаций.

Такие методы подхода и исполнения расчетов снижают как точность, так и надежность конечного результата. Предлагаемый новый метод оценки использует в своей основе показатель плотности торфа, так как водно-физические свойства тесно взаимосвязаны с показателями его плотности.

Проблему прогнозирования изменения (увеличения) показателя плотности торфа предлагается решать на основе оценки его осадки – по геометрическому изменению объема торфяной залежи. Такой подход для решения данной задачи до настоящего времени в практике мелиорации не применялся, что и характеризует новизну данной методики расчета.

Кроме того, здесь следует отметить, что вопрос оценки (прогноза) осадки торфа является достаточно изученным. Предложенные многими НИИ и авторами методики расчета: ВНИИГиМ, БелНИИМиВХ, А.И.Мурашко, В.Ф.Митин, Б.С.Маслов и др. [1] -- охватывают основные ключевые факторы и все типы болот, достаточно апробированы на практике и широко используются проектировщиками в настоящее время.

В качестве периода прогнозирования рекомендуется брать время начального этапа эксплуатации – первые 5 лет. Этот период считается периодом основной осадки торфа и рекомендуется авторами выше указанных методик в практических расчетах [1]; [2]. Для данной методики расчета этот показатель имеет важное значение, так как в процессе длительной эксплуатации торфяника объем торфяной залежи дополнительно может снижаться из-за потери ее массы (утраты торфа) – вследствие процессов минерализации (разложения торфа) и интенсивного с/х использования [2].

Графическая иллюстрация (см. рис. 1), математическая основа и главная суть нового расчётного метода заключается в следующем:

1. Плотность торфа (ρ) оценивается по изменению его объема (ΔV) на величину осадки поверхности (δ) в процессе осушения, допуская при этом неизменность его массы, т.е: $m_0 = m$. В качестве расчетной основы используется физическая формула массы вещества:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot H, \quad (1)$$

где S, H – соответственно: площадь и мощность торфяной залежи.

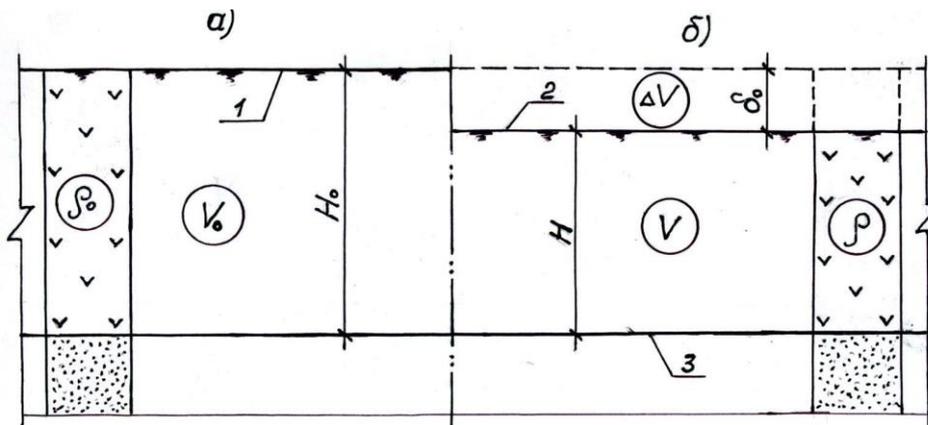


Рис. 1. Графическая иллюстрация изменения торфяника при его осушении

а), б) – состояние торфяника соответственно до и после мелиорации:

1- исходная поверхность торфяника; 2 – поверхность торфяника на конец расчетного периода; 3 – подошва торфяной залежи.

2. Из условия неизменности массы торфа получаем исходное выражение равенства масс до и после осушения -- $\rho_0 \cdot V_0 = \rho \cdot (V_0 - \Delta V)$, которое с параметрами торфяной залежи будет иметь вид:

$$\rho_0 \cdot S_0 \cdot H_0 = \rho \cdot S \cdot (H_0 - \delta). \quad (2)$$

3. Учитывая неизменяемость площади торфяника в процессе осушения ($S_0=S$), из выражения (2) получаем расчетную формулу плотности торфа после его осушения:

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{H_0}{H_0 - \delta}, \text{ г/см}^3 (\text{т/м}^3), \quad (3)$$

где ρ_0 -- плотность торфа, устанавливаемая на основе данных предпроектных изысканий;

δ – прогнозируемая при проектировании осадка поверхности мелиорируемого торфяника.

4. Плотность торфа, определяемая на основе формулы (3), используется для прогнозной оценки изменяющихся в процессе его осушения водно-физических показателей, основными из которых являются коэффициенты -- фильтрации, водоотдачи и плотности торфа. При оценке этих показателей используются соотв. известные и апробированные на практике расчетные методики и формулы (см. [1]; [3]).

Заключение и выводы

Практическая апробация расчётной методики осуществлялась посредством:

- выполнения пробных расчетов для задаваемых характерных условий, широко охватываемых практикой мелиорации, а именно -- низинные болота с показателями торфа: мощность 1,5-2,5м, коэффициенты фильтрации 1,0-2,0м/сут, плотность 0,12-0,18г/см³;

- выполнения практических расчетов на основе проектно-изыскательских материалов проектного института ОАО «Брянскгипроводхоз» -- рабочих проектов мелиоративных систем, построенных в условиях Брянской области в последние годы.

Анализ результатов исследований и сравнение их с существующими проектно-практическими показателями позволяет сделать следующие выводы:

1. Расчетные цифровые показатели свойств торфа находятся в рамках существующих практических пределов, что указывает на достаточную приемлемость использования на практике данного метода – метода оценки показателя плотности осушаемого торфа.

2. Использование и учет в данном методе расчета более конкретных изменений торфяной залежи указывает на возможность получения более высокой точности и надежности прогнозируемого результата -- по сравнению с существующими методами, когда широко используются эмпирические формулы.

Литература

1. Мелиорация и водное хозяйство. Т. 3. Осушение: справочник / под ред. Б.С. Маслова. М: Агропромиздат, 1985. 447 с.

2. Лундин К.П. Водные свойства торфяной залежи. Минск: Урожай, 1964. 240 с.

3. Дунаев А.И. Оценка изменения коэффициента фильтрации торфа при его осушении // Вестник Брянской ГСХА. 2013. № 5. С. 36-37.

4. Байдакова Е.В., Ляхова Л.А. Выбор оптимальных трудоохранных мероприятий в мелиорации // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: материалы XVI межвузовской научно-практической конференции. Брянск, 2003. С. 47-49.

5. Водоприемный оголовок шахтного водосброса / В.Н. Кривоускова, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, О.Н. Дёмина // Международная научно-техническая конференция. 2012. С. 40-42.

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДИЗЕЛЬНЫХ ФОРСУНОК ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВИБРОДИАГНОСТИРОВАНИЯ

КИРДИЩЕВ Д.В.

Аннотация. В статье изложены проблемные вопросы диагностических моделей топливных форсунок на основе анализа виброакустических характеристик. Это позволяет исключить необходимость демонтажа форсунок с дизеля.

Ключевые слова: вибродиагностика, диагностическая модель, распознавание, износ форсунки.

Annotation. The questions of fuel equipment diagnostics in diesel engines described in the article. This allow to improve the system of maintenance service and repair for agricultural machinery. A method of fuel equipment vibrodiagnostics is proposed. The method eliminates the need to dismantle the engine nozzles. Dignity of this method is the easy to use the system, high precision of diagnosis, mobility and autonomy of the equipment.

Keywords: vibrodiagnostic, fuel equipment of diesel engines, deterioration of fuel injectors, vibration pickup.

Введение.

В последние годы наблюдается динамика снижения производства и продаж сельскохозяйственных тракторов.

Так в 2014 году было произведено 7843 трактора что на 19,6 % больше по сравнению с 2015 годом, в том числе 6450 ед. тракторов сельскохозяйственного назначения что на 19,3% больше соответственно.

По данным аналитического обзора ОАО "АСМ-Холдинг" в 2015 году рынок сельскохозяйственных тракторов снизился на 39,2% по отношению к 2014 году, а общей объем продаж тракторов за 2015год составил 26852 ед. из них только 2610 тракторов отечественных марок , их продажи снизились на 24,3%.

Оптимальный срок службы трактора составляет 6-7 лет, после чего затраты на его эксплуатацию резко увеличиваются (требуется больше запчастей, увеличивается расход горючего, может снижаться сезонная выработка).

По этой причине, весьма актуальным является решение задач повышения долговечности и безотказности сельскохозяйственной техники на основе компьютерных технологий и технической диагностики.

Анализируя состояние эксплуатации техники в предприятиях аграрного производства, видно что, трактора, сельскохозяйственные машины в хозяйствах эксплуатируются на несоответствующем уровне, что приводит их к снижению эффективности эксплуатации. В таблице 1 приведена статистика по снижению экономичности дизелей сельскохозяйственной техники в результате износа топливной аппаратуры (ТА).

Таблица 1 - Влияние неисправностей двигателя на потери топлива

| Виды неисправности | Снижение показателей, % | Потери топлива, кг/год | | |
|--|-------------------------|------------------------|----------------|----------------|
| | | «Беларус» 800/820 | «Белорус 1221» | «Белорус 2522» |
| Неисправность одной форсунки | топлива - 15-20% | 2000 | 3300 | 6100 |
| Уменьшение угла опережения топлива | 5%/град | 700 | 900 | 1700 |
| Износ плунжерных пар топливного насоса | 15-20% | 2000 | 3300 | 6100 |

Построение диагностической модели.

Любая диагностическая модель должна отражать изменение диагностических параметров при изменении технического состояния диагностируемого объекта или, как правило, отдельного узла этого объекта. Следовательно, диагностические параметры должны в меньшей мере изменяться под воздействием различных помех. В данном случае датчик виброускорения (диапазон частот 5 -5000 Гц) устанавливается на форсунку работающего дизеля. Все физические процессы, которые происходят в форсунке во время работы регистрируются вибродатчиком и передаются в компьютер. Было обследовано более 10 дизельных двигателей с разными ресурсами: новые трактора и трактора с временем наработки более 8000 часов.

Проведенные исследования показали, что уровень вибрации на частоте 27 Гц (700 об/мин) и 48 Гц (2000 об/мин) характеризует техническое состояние топливного насоса.

Уровень вибрации на частоте 48 Гц (700 об/мин) и 67 Гц (2000 об/мин) зависит от упругости пружины форсунки, при перемещении иглы

вверх, заплешико иглы ударяет в торец корпуса форсунки.

Величина вибрации форсунки на частоте 88 Гц (700 об/мин), 85 Гц, 100 Гц и 115 Гц (2000 об/мин) зависит от технического состояния форсунки, в первую очередь от закоксованности соплового отверстия распылителя.

Амплитуда вибрации на частотах 85 Гц, 100 Гц и 115 Гц на 2000 об/мин характеризует впрыск топлива через сопловые отверстия. Такое впрыскивание называется дробящим. При этом колебательное движение иглы не обязательно должно сопровождаться посадкой ее на конус. Наличие дробящего впрыскивания является показателем подвижности иглы форсунок.

Дробящее впрыскивание возможно при работе дизеля на низких скоростных режимах, однако способность к нему у форсунок изменяется в зависимости от конструктивных и регулировочных параметров, в частности, она снижается у бывших в эксплуатации форсунок в результате изнашивания запирающих конусов и уменьшения разности их углов. Неустойчивые режимы работы наблюдаются также у штифтовых форсунок.

Численное значение вибрации на частоте 119 Гц (700 об/мин) и 131 Гц (2000 об/мин) зависит от упругости пружины, а также от износа посадочного конуса иглы. Эта вибрация возникает при опускании иглы в посадочный конус.

При построении диагностической модели на каждой информативной частоте для различных двигателей определяем максимальное и минимальное значение вибрации. Полученные точки соединяем огибающей. По оси абсцисс откладывается численное значение информативных частот вибрации (без масштаба), а по оси ординат – уровень виброускорения (дБ).

Определение технического состояния форсунок при помощи диагностической модели.

Определим техническое состояние форсунок 1 и 3 двигателя с ресурсом 8425 часов при 700 об/мин (рис. 1-а).

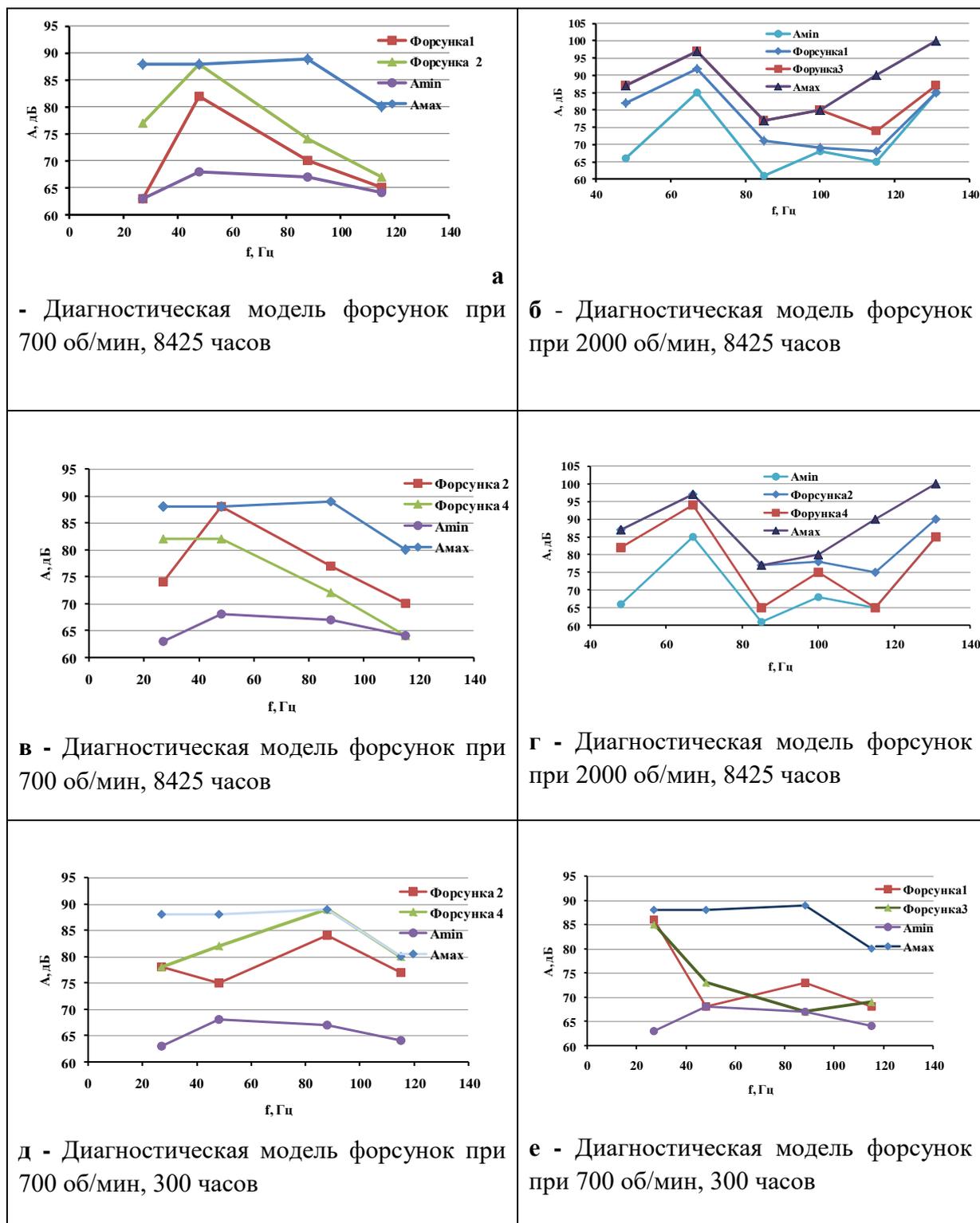


Рисунок 1 – Диагностические модели исследуемых форсунок дизелей тракторов

Если топливный насос создает стандартное давление, то уровень вибрации на частоте 27 Гц будет порядка 80 дБ. Плунжерная пара топливного насоса форсунки Ф1 работает хуже по сравнению с форсункой Ф3.

Если пружина форсунки изношена, то вибрация на частоте 48 Гц будет максимальной, а на частоте 115 Гц вибрация будет минимальной. В новой форсунке при истечении топлива вибрация на частоте 88 Гц будет максимальной. При закоксованности иглы форсунки вибрация на частоте 88 Гц будет значительно меньше. В данном примере форсунки двигателя с наработкой 8425 часов изношены практически одинаково, но плунжеры топливного насоса изношены по-разному. При 2000 об/мин диагностические признаки форсунок сохраняются. Изменились диагностические параметры топливного насоса. Очевидно, при повышенных оборотах топливный насос работает лучше (частота 48 Гц). В двигателе с наработкой 300 часов форсунки разрегулированы (рис. 1 -д). Топливный насос форсунок 1 и 3 работает в стандартном режиме (рис. 1-е). Несколько хуже работает топливный насос форсунок 2 и 4 (рис. 1 -д). Пружины форсунок 1 и 3 находятся в норме, но иглы закоксованы (рис. 1 е). Пружины форсунок 2 и 4 несколько ослаблены, но иглы форсунок находятся в хорошем техническом состоянии (рис. 1 -д).

Выводы:

1. Виброакустическая диагностическая модель дизельных форсунок позволяет определить степень износа основных деталей форсунок во время работы дизеля.
2. Выявление дефектов форсунок на ранней стадии позволит оптимизировать ремонт топливной аппаратуры и экономить дизельное топливо.

Литература:

1. Н.В. Грунтович, Кирдищев Д.В. Вибродиагностирование топливных форсунок на работающем двигателе // Агротехника и энергообеспечение. 2016. Т. 2, № 4 (13). С. 47-55.
2. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Вибродиагностирование топливного насоса высокого давления на работающем двигателе / отв. ред. Т.И. Чернышова // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах: тезисы докладов IV-ой Международной конференции с элементами научной школы (10-12 июля 2017 г.) / Министерство образования и науки Российской Федерации; Российский фонд фундаментальных исследований; ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет». Тамбов: Изд-во Р.В. Першина, 2017. С. 396-397.
3. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В., Попов В.Б. Разработка диагностической модели дизельных форсунок по результатам вибродиагностиро-

вания // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2017. № 2 (69). С. 18-24.

4. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Техническое диагностирование форсунок дизелей во время их работы / редкол.: В.П. Чеботарев и др. // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции (Минск, 22-24 ноября 2017 г.) Минск: БГАТУ, 2017. 660 с.

УДК 626.8:621.86.278.1

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ВОДЫ НА ШАХТНОМ ВОДОСБРОСЕ

КРОВОПУСКОВА В.Н.

Аннотация: Предложена к внедрению система контроля и мониторинга за уровнем воды в ГТС на основе приборов отечественного производства.

Ключевые слова: река, паводок, половодье, водосброс, GSM-модем.

AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF WATER LEVEL MINE SPILLWAY

KROVOPUSKOVA V.N.

Abstract: *the system of control and monitoring of water level in GTS on the basis of devices of domestic production is Offered to introduction.*

Keywords: *river, flood, flood, spillway, GSM modem.*

Введение. С целью установления взаимосвязи уровня воды на кромке водосброса гидротехнических сооружений (ГТС) и количеством взвешенных наносов в период весеннего паводка проведены экспериментальные исследования на пруду с. Кокино, Выгоничского района [6].

По характеру водного режима р. Волосовка, на котором расположен пруд, относится к равнинному типу преимущественно снегового питания. Для этого типа рек характерно высокое половодье, при котором подъем и спад половодной волны происходит достаточно интенсивно. Весеннее половодье характеризуется интенсивным ростом уровней и расходов, про-

должительность половодья колеблется от 10 до 20 дней в году.

Река Волосовка берет начало из родников западнее с. Паниковец Выгоничского района Брянской области на высоте 170.0 м БС. Общая длина реки 10,4 км; площадь водосбора в устье 50 км²; коэффициент извилистости 1,06; ширина реки в среднем 5 м; глубина от 0,25 до 0,6 м; скорость течения 0,26-0,39 м/сек.

В расчетном створе площадь водосбора реки Волосовка 32 км², среднегодовой расход - 0,144 м³/сек, объем стока 4,54 млн. м³/год.

Объем стока 95% обеспеченности составляет 2,18 млн. м³/год со среднегодовым расходом 0,069 м³/сек.

В период полевых исследований измерялись следующие характеристики: колебания уровней воды в пруду, температура воздуха, температура воды в водоеме, проводился отбор проб воды, а также учитывались климатические условия местности, ледовый режим водоема.

Визуальные измерения уровня воды производились с помощью водомерной рейки через регулярные промежутки времени (1 час) [5].

В тоже время, в соответствии с ГОСТ Р 22.1.11-2002 «Мониторинг состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (плотин) и прогнозирование возможных последствий гидродинамических аварий на них» установлены общие требования к составу и содержанию работ по мониторингу состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (ГТС) (плотин) и их оснований как потенциальных источников техногенной чрезвычайной ситуации, а также общие требования к прогнозированию возможных последствий чрезвычайных ситуаций, вызываемых гидродинамическими авариями на указанных сооружениях. Все требования по вопросам мониторинга учитываются в составе проектов ГТС, включая технические решения для их реализации и финансовое обеспечение [2].

Наиболее сложными и трудоемкими измерениями в период полевых исследований были измерения уровня воды.

В связи с выше изложенным разработана и предлагается к внедрению система контроля и мониторинга за уровнем воды в нижнем и верхнем бьефах ГТС. При построении системы были использованы приборы отечественного производства, которые имеют стандартный протокол обмена данными и легко интегрируются в любую систему.

Производимое предприятием «Ритм» (Россия, г. Санкт-Петербург) [3] оборудование обеспечивает опрос датчиков нижнего уровня; формирование команд управления исполнительными механизмами; визуализацию

результатов измерения, команд управления и нештатных ситуаций; ведение архива состояния объекта и журнала событий. Программное обеспечение позволяет передавать информацию о работе системы на вышестоящие уровни по линиям связи с использованием GSM-модемов.

Предлагаемая АСК реализована на промышленных унифицированных модулях и блоках различного назначения и архитектуры, сопровождаемых соответствующим программным обеспечением. Гибкая архитектура и возможность программирования алгоритмов работы устройств позволяют решить практически любую задачу по мониторингу любого сооружения (ГТС, производственный цех, нефтепровод и т.д.).

Основными критериями выбора соответствующего оборудования были: относительно невысокая стоимость модулей и блоков; бесплатное программное обеспечение для настройки необходимой конфигурации программируемых блоков и организации мониторинга; доступность для приобретения и техническая поддержка производителя.

Принцип работы оборудования состоит в следующем. Основу системы составляет объектовая панель Контакт GSM-5. Панель контролирует состояние 16 независимых дискретных входов (на замыкание, размыкание или сопротивление) и в соответствии с заданной в процессе программирования задачи (в данном примере - контроль уровня воды):

- По цифровому или голосовому каналу стандарта GSM посредством модема передает информацию о произошедшем событии на пульт мониторинговой станции и (или) речевое сообщение на телефон собственника или эксплуатирующих служб.

- В соответствии с событием по каждому отдельному входу и заложенной программой блок реле включает и (или) выключает любое из пяти независимых исполнительных устройств на контролируемом объекте, например, электромеханическую задвижку аварийного сброса воды, систему аварийного оповещения и т.д.

- Собственник объекта (диспетчер мониторинговой станции эксплуатирующей службы) в любое время, на любом расстоянии в пределах зоны покрытия оператора (операторов) сотовой связи может получить информацию о текущем состоянии сооружения, состоянии контролируемых входов (датчиков), наличие основного напряжения питания, проникновение на объект посторонних лиц и др.

- Собственник (диспетчер) может при необходимости самостоятельно и дистанционно включить или отключить пять независимых устройств

(электромеханическую задвижку аварийного сброса воды, систему аварийного оповещения и т.д.).

- Контакт GSM-5 в качестве основного канала передачи данных традиционно использует беспроводную сотовую сеть GSM. Две SIM-карты и наличие режима Online обеспечивают постоянную связь с панелью. Это позволяет своевременно узнавать об обрыве соединения.

- Алгоритмы, используемые при передаче данных, обеспечивают экономное потребление трафика: в среднем, 3 Мб за месяц.

- Гибкая подстройка срабатывания резистивных шлейфов упрощает проектирование и развертывание системы

Структурная схема устройства изображена на рис. 1.

В лаборатории кафедры природообустройства и водопользования в рамках диссертационной работы по теме обеспечения безопасности эксплуатации ГТС и НИРС студентов факультета энергетики и природообустройства собрана опытная установка, иллюстрирующая рассмотренные в статье принципы и возможности подобных устройств автоматизированных систем контроля состояния (АСК).

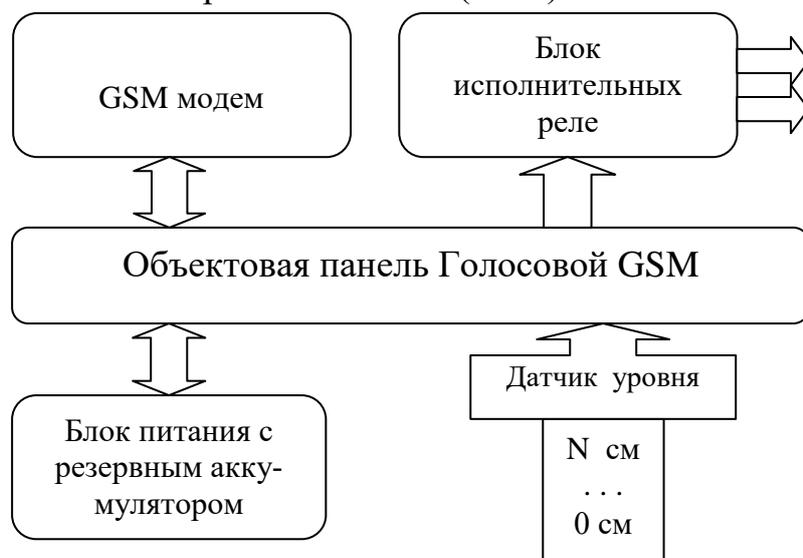


Рис. 1. Структурная схема АСК (автоматизированная система контроля).

Выводы:

Внедрение данной системы позволит:

1) дистанционно вести контроль уровня воды и контролировать его критические параметры в паводковый период;

2) осуществлять автоматическое или ручное дистанционное управление аварийным сбросом воды при возникновении техногенных чрезвычайных ситуаций;

- 3) устранить необходимость ручного труда при измерении уровня;
- 4) улучшить условия и повысить безопасность труда и эксплуатации сооружений;
- 5) дополнительно осуществлять охрану объекта от проникновения посторонних лиц и при необходимости контролировать другие параметры сооружения.

Литература

1. Отчет по научно-исследовательской работе «Обследование гидротехнических сооружений в Орловской области» // НИЧ ФГОУ ВПО МГУП. М., 2005. Т. 1. 132 с.
2. ГОСТ Р 22.1.11-2002 «Мониторинг состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (плотин) и прогнозирование возможных последствий гидродинамических аварий на них».
3. <http://www.esoft.spb.ru/>
4. Малик Л.К. Факторы риска повреждения гидротехнических сооружений. Проблемы безопасности. М.: Наука, 2005. 354 с.
5. ГОСТ 25855-83 «Уровень и расход поверхностных вод. Общие требования к измерению».
6. Василенков В.Ф., Кровопускова В.Н., Демина О.Н. Динамика изменения мутности воды на водосливной кромке шахтного водосброса в период весеннего паводка // Вестник Брянской ГСХА. 2011. № 5. 51 с.
7. Байдакова Е.В. Мероприятия, ускоряющие поверхностный, внутреречный и грунтовый сток / под ред. Л.М. Маркарянц // Проблемы энергетики и природопользования вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии: сборник материалов международной научно-практической конференции. Брянск, 2010. С. 25-28.
8. Байдакова Е.В. Мероприятия по размещению мелкотрубчатых колодцев по территории / под общ. ред. Л.М. Маркарянц // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов международной научно-практической конференции. Брянск, 2011. С. 12-14.
9. Белоус Н.М., Ториков В.Е. Концепция развития животноводства Брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3-2. С. 59-63.

ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ШУСТОВ А.Ф.

Аннотация. В статье раскрываются основные закономерности развития технической деятельности. Показана роль социальных потребностей в ее развитии. А также анализируются технические противоречия как внутренний механизм развития технической деятельности.

Ключевые слова: техника, техническая деятельность, технические закономерности, технические науки, технические потребности, технические противоречия

BASIC MECHANISMS AND REGULARITIES OF THE DEVELOPMENT OF TECHNICAL ACTIVITIES

Abstract. *The article describes the main patterns of development of technical activities. The role of social needs in its development is shown. And also technical contradictions as internal mechanism of development of technical activity are analyzed.*

Keywords: *technology, technical activities, technical patterns, technical expertise, technical requirements, technical contradiction.*

В чем состоит и чем определяется развитие современной техники? Прежде всего, оно выражается в создании новых и модификации старых технических средств. Развитие техники - сложный процесс, представляющий собой совокупность изменений в природной основе, элементах, структуре и функциях технических устройств и систем. В процессе ее функционирования обнаруживаются новые, еще не реализованные технические возможности, возникают новые проблемные ситуации, выход из которых влечет за собой изменение технического устройства или его замену, т.е. осуществляется качественный переход к новому уровню развития и функционирования технических систем.

По вопросу о причинах развития техники имеются различные подходы, авторы которых главной действующей силой развития технических средств считают потребность общества в материальных и культурных бла-

гах. В качестве другого фактора развития техники является наука. Третьим фактором развития техники выступают довольно сложные и противоречивые социально-экономические условия, которые либо способствуют, либо противодействуют созданию внедрению новых форм техники.

Понимание диалектики технического прогресса, анализ внутренних противоречий в развитии техники указывают необходимость и открывают возможности на определенных исторических этапах переходить к качественно новым техническим решениям. Здесь необходимо четко разграничивать понятия “изменение” и «развитие». Понятие “изменение” характеризует преобразование деталей, узлов, отдельных элементов спроектированных или созданных технических средств, которые сами по себе еще не ведут к преобразованию их функций как единого целого. Понятие «развитие» представляет собой коренное изменение в структуре объекта, его функциональные качественные изменения или же – создание совершенно нового типа. О развитии в технике можно говорить лишь в том случае, если новое техническое средство опредмечивает ту или иную функцию человека или качественно ее преобразует. В своем развитии техника подчинена определенным закономерностям. Но если сам факт закономерного ее развития не вызывает сомнения, то вопрос о том, какие закономерности свойственны развитию техники, остается дискуссионным.

Обращение к проблеме закономерностей неизбежно ставит вопрос: существуют ли собственно технические закономерности или признание таковых ведет к отрыву техники от человека, его целесообразной деятельности? Определяется ли переход от одних технических средств к другим внутренней логикой развития техники или этот переход обусловлен комплексом естественнонаучных, технических и социальных закономерностей? Многие ученые по-разному отвечают на этот вопрос, анализируя прямо или косвенно закономерности технического развития. В своем анализе мы будем опираться на таких известных авторов, как А.А. Зворыкин, Ю.С. Мелещенко, И.А. Негодаев, Г.Н. Волков, А.И. Половинкин, А.Ф. Эсаулов, Ж. Эллюль и другие. [1]

Некоторые из них технику рассматривают как некоторую самодовлеющую систему, которая не подчинена человеку, а существует автономно, развиваясь по своим принципам и законам. Так, Ж. Эллюль категорически объявляет технику независимой от внешней необходимости, выраженной в социальных потребностях общественного развития и приписывает технике совершенно самостоятельную и главенствующую роль в опре-

делении механизмов развития. Собственные внутренние закономерности, по его мнению, являются определяющими, так как техническая деятельность обладает самостоятельной реальностью, развивающейся по своим собственным законам. Подобный подход разделяет и американский философ Г.Л. Парсонс; он считает, что “с тех пор как человек социализировался, техника выступает как род социальной деятельности”[2, С.89], которая подчинена объективным специфическим закономерностям развития.

Становится совершенно непонятно, как обеспечивается действие этих закономерностей. Ведь техника сама по себе не развивается. Чтобы обеспечить ее развитие, необходима соответствующая деятельность людей.

Другие авторы при анализе развития техники, технического знания и технической деятельности отрицают их собственные закономерности. Так как техника занимает промежуточное положение между природой и обществом, то и ее развитие, по их мнению, подчиняется только природным и общественным закономерностям.

Действительно, техника занимает промежуточное положение и включает в себя естественную и общественную природу. Рассматривая такой подход, стоило бы отметить, что здесь не учитывается принципиальное отличие технических закономерностей от природных. В связи с этим мы не можем не поставить следующие вопросы: вопросы, сохраняются ли естественнонаучные теории в структуре технической деятельности как нечто неизменное, или же они постоянно трансформируются? Способны ли технические науки расширенно воспроизводить техническое знание, или же они довольствуются только результатами естественнонаучных теорий и знаний? Необходимо отметить, что естествознание вскрывает только наиболее общие законы природы, объясняя при этом, почему мир таков, а не другой. Техническая деятельность творит новую природу по своим специфическим законам, и явления второй природы существенно отличаются от естественных природных процессов, поскольку это элементы другой искусственной системы, действующей по своим специфическим законам.

Если бы техника представляла собой всего-навсего совокупность явлений, порожденных природой, то не могло бы быть и речи о какой-то иной детерминации технических явлений. Все технические объекты есть нечто новое, то, чего раньше не было в природе, чего природа не создавала и не может создать. И это новое не может быть исчерпано и объяснено лишь законами природы, хотя они, безусловно, действуют в любой созданной людьми технике.

Кроме того, в процессе использования законов природы человек по-разному может комбинировать устройства для использования этих законов, создавая такие их сочетания действия, которые не встречаются в природе. Но если при всем своеобразии технические процессы включают в себя законы природы, то переход от одной формы техники к другой уже никак не может быть вызван законами природы. Если силы природы, поставленные на службу человеку, сами без его вмешательства могут осуществлять в течении определенного периода времени движение созданной техники, то эти силы сами по себе не могут без вмешательства человека осуществлять усовершенствование техники.

Более того, современная техническая наука во многих случаях опережает развитие естествознания и приобретает технические знания, которые не могут быть обеспечены с помощью уже познанных законов природы. И тем самым техника дает импульс на поиски новых природных законов. “Таким путем, - отмечает, например, Э. Штрекерт, - не только укрепляется взаимосвязь естественнонаучного и технического развития: в этом, в общих чертах, вырисовывается отношения условий познания законов природы и технических закономерностей. Ибо открытые естествознанием законы природы создают условия для технического исследования... В противоположность этому технология вполне может вести к открытию новых естественных законов”[3, с. 64].

По мере возрастания сложности технических объектов, возникает необходимость понимать, что они собой представляют, каково их строение, какие процессы в них совершаются, чтобы знать, как их конструировать и усовершенствовать. Познание и использование лишь природных закономерностей не может формировать такого рода знания. Законы природы воплощаются в технических объектах в новой “снятой” форме.

В пользу того, что техника обладает собственными не сводимыми к характеристикам естественнонаучного знания, закономерностями говорит подмеченный Г.И. Шеменевым факт, что “при неизменных естественнонаучных характеристиках технических объектов применение собственно технических знаний и закономерностей ведет к самым разнообразным техническим эффектам”[4, с.57]

Под закономерностями развития техники понимаются устойчивые, выступающие в ее развитии, или существенные связи, прослеживаемые между этапами, стадиями и фазами этого развития. Техническая закономерность представляет собой своеобразный вектор движения технической

системы, она раскрывает пределы ее устойчивости, принципы организации и функционирования. Техника развивается не только в историческом времени и пространстве, но и во всем богатстве и многообразии своих форм, опираясь на внутреннюю логику и закономерности, которые присущи ей. Она также определяется и социальными потребностями, и культурологическими особенностями.

Таким образом, мы можем выделить две основных группы факторов, детерминирующих развитие техники. Первая группа - это внутренняя логика развития техники, связанная с развитием технико-технологического знания и опыта. Понятие внутренней логики развития техники затрагивает ее субстанциональную сторону, ее элементы и структуру, позволяет вычленить многие технические закономерности, которые выражаются в смене вещественного субстрата, структуры, функций. Причем внутренней эта связь называется не из-за пространственного расположения, а потому что эта связь играет важную роль в процессе возникновения и развития данного явления. Внутренняя логика развития техники раскрывает прежде всего ее технологическую необходимость. При этом следует заметить, что «технологическая необходимость, какой бы строгой она ни была, всегда в то же время представляет собой способ проявления общественной необходимости, например, таким образом, каким лейбницская монада «репрезентирует» целое»[5, с. 337].

Вторая группа – «внешние» закономерности, обусловленные развитием и усложнением социальных потребностей и особенностями культуры, человеческих ценностей и т.п. Эти закономерности определяют как формирование общественных условий развития и общую логику развития техники в обществе. Удовлетворение непрерывно растущих общественных технических потребностей путем передачи все большего числа трудовых функций техническим средствам тем самым определяют направление и содержание развития техники. Поэтому общие закономерности и направление развития техники обусловлены логикой социальных потребностей, что означает историко-логическое восхождение техники детерминируется социокультурными закономерностями прогресса. Следовательно, правомерно признание и учет закономерностей этой группы и недопустима их недооценка и игнорирование.

Говоря о внешних факторах и закономерностях развития технической деятельности, мы должны подчеркнуть, что понятие «внешняя закономерность» носит условный характер, так как нельзя считать внешними

для явления те закономерности, которые порождают эти явления и определяют их развитие. В частности, это касается социальных закономерностей, то есть тех закономерностей, которые определяют уровень техники как социального явления. Поэтому разделение закономерностей на внешние и внутренние носит всего лишь методологический характер, отражающий специфику достаточно сложной и противоречивой природы технической деятельности. При этом следует учитывать, что внутренние и внешние детерминирующие факторы не только взаимосвязаны, но и активно взаимодействуют, а процесс этого взаимодействия обуславливает реальный процесс развития техники.

Основной движущей силой развития техники является противоречие между постоянно растущими техническими потребностями общества и возможностями удовлетворения этих потребностей имеющейся техникой, то есть противоречие между техническими задачами и техническими возможностями их разрешения, которые в наибольшей степени были бы благоприятны для природы, общества и культуры. Средства удовлетворения этих технических потребностей необходимо искать не только в рамках самой технической деятельности, но и в рамках социальной и культурной деятельности [6].

Значительное влияние на развитие технической деятельности оказывают потребности общества. Потребности превосходят потребление и являются отражением не только существующего уровня развития техники, но и возможностей ее развития. Каждое техническое усовершенствование, решая какие-то назревшие противоречия, создает тем самым дополнительные технические возможности для последующего качественного скачка и одновременно порождает новые потребности, удовлетворение которых ведет к возникновению других противоречий.

Сам процесс удовлетворения общественных технических потребностей составляет содержание развития техники, порождает субъективно и объективно реальные предпосылки ее дальнейшего развития. Если потребность не всегда осознается в полной мере, то они всегда проявляются в форме определенных интересов, стремлений, желаний, целей и т.д. В этом единстве объективного и субъективного заложены опережающие возможности потребностей по отношению к технике. Без свойства опережения уровня техники потребности не могли бы играть роль механизма ее развития.

Сами общественные потребности зависят от состояния техники и формируют ее. Но они обладают определенной самостоятельностью, могут

опережать достигнутый уровень развития техники, заставляя ее развиваться дальше по линии создания новых технических объектов и средств удовлетворения растущих социокультурных потребностей. Потребности сами по себе не совершенствуют технику, они отражают назревшие задачи, которые связаны с социальной и духовной жизнью общества. [7]

Техническая потребность, будучи осознанной в технической деятельности, принимает форму социально-технического противоречия, выраженного в определенной технической проблеме. Техническая деятельность - сложное социальное явление, поэтому в ее развитии всегда синтезируется целая совокупность социальных и технических противоречий, которые специфически выступают на разных этапах ее развития. Последние обычно фиксируются в виде технического задания, в котором содержится требование, предъявляемое к разрабатываемому объекту. Социально-технические противоречия выступают механизмом развития техники.

В работе В.П. Каширина “Технические противоречия как источник развития техники” указываются некоторые моменты, характеризующие техническое противоречие. “1. Оно строится на комбинации трех групп параметров: физических, технических, вещественно-структурных, 2) техническое противоречие возникает как проявляющееся в той или иной форме несоответствие между названными сторонами технического объекта, 3) противоречие существует тогда, когда для удовлетворения определенной совокупности требований нет средств, и их нужно создать, 4) для субъекта технической деятельности противоречия проявляются прежде всего как несоответствие между имеющимися стандартами и структурами, из которых создаются объекты заданного типа, и технико-экономическими требованиями, предъявляемыми к соответствующему типу объектов” [8, с.134-136].

Специфика противоречий, присущих технике, заключается не в самопротиворечивости, внутренней активности, самодвижении - в конечном счете, это свойство всех диалектических противоречий. Но процесс возникновения и разрешения технических противоречий предполагает сознательную деятельность людей, социального субъекта, познающего и формирующего эти противоречия. Сознательный генезис технических противоречий не означает отрицания их объективной природы.

Специфика противоречий развития техники заключается, главным образом, в том, что они представляют собой противоречия между социальным и природным, имеют социально-экологический [9, с. 17] и эколого - гуманистический [10, с. 130] контексты. Техническое противоречие - это

не природное, а социальное противоречие. В природном противоречии нет ни субъекта, ни объекта. В техническом противоречии, так же как и в социальном, субъект занимает определенную позицию в отношении противоречия в целом, добиваясь его сохранения или преодоления, форсируя или замедляя его развитие [11].

В природе нет технических противоречий. Но технические противоречия - это не противоречия собственно техники, а противоречия технической деятельности, которые разрешает субъект в процессе создания техники. Когда же техника создана, то противоречия разрешены. Если технические противоречия не разрешены, техника оказывается неработоспособной.

Социально-технические противоречия, определяя конкретное содержание технических проблем, в процессе их преодоления, в свою очередь порождают совокупность новых технических проблем, что и обеспечивает механизм развития техники.

Методологический анализ развития техники показал существование трех групп закономерностей, которые определяют ее развитие. Это естественнонаучные закономерности, собственно технические закономерности и социальные закономерности. Именно эта группа закономерностей в снятом виде присутствует в любом техническом объекте.

Литература

1. Шустов А.Ф. Техническая деятельность как социокультурный феномен: дис. ... д-ра фил. наук: 09.00.08. СПб., 2000. 245 с.
2. Парсонс Г.Л. Человек в современном мире. М., 1985. С. 89.
3. Штрекер Э. Философия техники: трудности одной философской дисциплины // Философия техники в ФРГ. М., 1989. С. 64.
4. Шеменев Г.И. Методологические вопросы технического знания // Вопросы философии. 1976. № 11. С. 57.
5. Адорно Т.В. О технике и гуманизме // Философия техники в ФРГ. М., 1989. 337 с.
6. Шустов А.Ф. Социальные потребности как фактор инновационного развития техники // Инновации в экономике, науке и образовании: концепции, проблемы, решения: материалы Международной научно-методической конференции. Брянск, 2014. С. 210-216
7. Шустов А.Ф. Социальная ответственность в развитии технической деятельности // Вестник Брянской ГСХА. 2015. № 6. С. 66-70.
8. Каширин В.П. Технические противоречия как источник развития техники // Философские вопросы развития науки и техники. Томск, 1982. С. 134-13.

9. Свидерский А.А. Проблема направления экотрансформации современной культур // Вестник Брянской ГСХА. 2015. № 4. С. 14-18.

10. Осадчая О.А. Формирование индивидуального мировоззрения и актуальных технологий социального поведения современного человека // Актуальные вопросы экономики и агробизнеса: материалы VIII Международной научно-практической конференции. Брянск, 2017. С. 126-131.

11. Черненко И.И. Поликультурное воспитание студентов аграрного вуза/ И.И. Черненко // Актуальные вопросы экономики и агробизнеса: сборник статей IX Международной научно-практической конференции. В 4ч. Ч.4. – Брянск: Изд-во Брянский , 2018. – 450 с.

УДК 656.13: 338.43

ОЦЕНКА ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ЗАМКНУТЫМ КОНТУРОМ «ВОДИТЕЛЬ – ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО»

**ВАСИЛЕНКОВ П.В., МАЗЕПИН Н.В., БЕЗОХВОСТОВА Н.М.,
ПОЛЕХИНА А.М., ФЕСЬКОВА Г.И., САМСИ С.С.**

Аннотация: Рассмотрены проблемы обеспечения безопасности транспортных процессов в агропромышленном комплексе (АПК), при решении транспортно – технологических задач. Отмечена роль транспортной системы в решении вопросов безопасности транспортных процессов в АПК. Исследована роль замкнутого контура «водитель – автомобиль» на безопасность транспортных рейсов, где транспортный рейс рассматривается как последовательный переход от одной транспортной (дорожной) ситуации к другой.

Ключевые слова: водитель, автомобиль, безопасность, фактор, обеспечение безопасности, транспортное средство, транспортный процесс, транспортный рейс, дорожная ситуация

EVALUATION OF STABILITY LOSS OF CLOSED LOOP «THE DRIVER OF THE VEHICLE»

***VASILENKOV PV, MAZEPIN NV, BESOKHVESTOVA NM,
POLEKHINA A.M., FESKOVA GI, SAMSI S.S.***

***Abstract:** The problems of ensuring the safety of transport processes in the agro – industrial complex (AIC), in solving transport and technological problems. The role of the transport system in solving the issues of transport processes safety in agriculture is noted. The role of the closed circuit "driver-car" on the safety of transport flights, where the transport flight is considered as a gradual transition from one transport (road) situation to another.*

***Keywords:** driver, car, safety, factor, security, vehicle, transport process, transport flight, road situation*

В опасной ситуации действия оператора в среднем подчиняются некоторой детерминированной закономерности, определяемой степенью обученности водителя и свойствами транспортного средства (ТС) (включая характеристики системы управления, системы торможения и др.). Математическое выражение этой закономерности и будет представлять собой структуру модели действий оператора в данной ситуации. Отличие в действиях оператора, в каждом конкретном случае, обеспечивается представлением параметров модели в виде случайных величин [1,2].

При действии неблагоприятных факторов угроза безопасности транспортных процессов в АПК (выход корреляционного параметра за предельные значения) может возникнуть по двум причинам:

- во – первых, из – за выброса в переходном процессе в первый момент после действия возмущения;
- во – вторых, из-за потери устойчивости замкнутым контуром «водитель – транспортное средство».

Вероятность первого события находится статистическим моделированием или расчетным методом, при этом модель действий оператора может иметь более простой вид.

Во втором случае в качестве вероятности превышения определяющим параметром своего допустимого значения можно принять вероятность Q_y потери устойчивости рассматриваемого контура. В решении этой задачи также имеются два направления: статистическое моделирование и расчетный (аналитический) метод. Если исследуемый контур имеет существенные нелинейности и не стационарности, то следует применить статистическое моделирование, в котором вероятность Q_y находится как вероятность выхода некоторой критериальной функции за границы устойчивости. Вполне очевидно, что метод статистических испытаний требует большого объема исследований, так как изучаемое явление относится к редким

событиям, и это ограничивает его применение. Если же рассматриваемый контур представляет собой стационарную линейную систему, то искомую вероятность можно найти без применения статистического моделирования, как бы однократным расчетом. Рассмотрим сущность метода [1,2,7].

Пусть $W_p(D)$ – передаточная функция разомкнутого контура «водитель – ТС», имеющая в своем составе вектор случайных параметров \vec{x} размерности m . Выберем в соответствии с принятыми критериями устойчивости (Гурвица, Найквиста – Михайлова по корням характеристического уравнения и др.) некоторый вектор критериальных функций $(\vec{\varphi} \cdot \vec{x})$ размерности n в зависимости от вектора случайных параметров (\vec{x}) , распределенных, по нормальному закону. Чтобы система была устойчива, необходимо выполнить условие устойчивости по каждой составляющей вектора $\vec{\varphi}$ [4,5,6].

$$(\varphi_i(\vec{x}) > \bar{C}_i \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

Вероятность потери устойчивости по каждому элементу вектора $\vec{\varphi}$ в этом случае будет равна $Q_i = P\{\varphi_i(\vec{x}) < \bar{C}_i\}$. Пусть b_j , $j = 1, m$ – событие нарушения условия по x_j - му параметру. Обозначим через $q_j = P(b_j)$, а через $P_j = 1 - q_j$. Поскольку вероятность сохранения устойчивости контуром обычно высока, можно считать события b_j статистически несовместимыми. Это дает возможность оценить вероятность потери устойчивости по i -й компоненте вектора (\vec{x}) как $Q_i = \sum_{j=1} q_j$. Соответственно вероятность сохранения устойчивости по i -й компоненте $P_j = 1 - Q_i$, Тогда вероятности сохранения и потери устойчивости всего контура можно оценить по следующим соотношениям:

$$P_y = \prod_{i=1}^n P_i; \quad Q_y = 1 - P_y = 1 - \prod_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

Для определения вероятности Q необходимо найти характеристики распределения $\vec{\varphi}(\vec{x})$ через характеристики распределения параметров \vec{x} . Обычно $\varphi_i(\vec{x})$ – сложная нелинейная функция, поэтому будем использовать линеаризацию функции $\varphi_i(\vec{x})$ в виде

$$\varphi_i(\vec{x}) = \varphi_i(\vec{m}_x) + \sum_{j=1}^m \frac{d\varphi_i}{dx_j} \Delta x_j$$

где \vec{m}_x – вектор средних значений параметров \vec{x} ;

$$\Delta x_j = x_j - m_{xj}, \quad \frac{d\varphi_i}{dx_j} = \varphi_{ij} \quad \text{при } \vec{x} = \vec{m}_x$$

Тогда искомая статистическая модель распределения $\varphi_i(\vec{x})$ будет аппроксимироваться нормальным законом с параметрами, определяемыми свойствами линейного приближения функции

$$m_{\varphi_i} = \varphi_i(\vec{m}_x), \quad \sigma_{\varphi_i} = \sum_{j=1}^m \varphi_{ij}^2 \sigma_{xj}^2 \quad (3)$$

$$U_i = \frac{C_i - m_{\varphi_i}}{\sigma_{\varphi_i}}$$

Обозначим через σ_{φ_i} – безразмерный аргумент функции

Лапласа, соответствующий границе устойчивости по j-му элементу $\vec{\varphi}$.

Используя выражение (3), получаем

$$U_i = \frac{1}{\sqrt{\sum_{j=1}^m \left(\frac{C_i - m_{\varphi_i}}{\varphi_{ij} \sigma_{xj}} \right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{\sum_{j=1}^m \frac{1}{U_{ij}^2}}} \quad (4)$$

$$U_i = \frac{C_i - m_{\varphi_i}}{\sigma_{\varphi_i}}$$

где σ_{φ_i} – граничное значение аргумента по x_j – му параметру.

Если между компонентами вектора $\vec{\varphi}$ и параметрами \vec{x} имеются существенные нелинейные связи, то значения аргументов

функции Лапласа U_{ij} могут быть найдены как $U_{ij} = (x_{npj} - m_{ij}) / \sigma_{xj}$

где предельные значения x_{npj} соответствующие границе устойчивости контура по компоненте φ_i определяются численным способом с учетом корреляционной связи между параметрами x_j .

Поскольку при \vec{m}_x система устойчива (рассматриваем замкнутый

контур с большой вероятностью устойчивости), то $P_i = 0,5 + \Phi_0(U_i)$, что позволяет по выражению (2) найти вероятности P_y и Q_y . В заключении сделаем два замечания. Во-первых, критериальные функции, основанные на частотных критериях устойчивости, не пригодны, если $\vec{\varphi}_{ij}$ стремится к бесконечности при изменении $0 < \omega < \infty$, так как в этом случае σ_{κ_i} (2.69) так же будет стремиться к бесконечности. Это соответствует случаю, когда передаточная функция $Wp(D)$ имеет нули [4,5,].

Во-вторых, полученная данным методом оценка вероятности потери устойчивости замкнутым контуром «водитель – автомобиль» идет в запас безопасности транспортных процессов, так как оценивает потерю устойчивости в «малом», а система может оказаться устойчивой при больших отклонениях параметров, когда водитель изменит структуру своих действий [1].

Литература

1. Сакович Н.Е. Обеспечение безопасности транспортных работ в сельскохозяйственном производстве за счет снижения аварийности сельскохозяйственной транспортной техники: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2013. 300 с.
2. Системный анализ и моделирование проблем обеспечения безопасности транспортно – технологических процессов в агропромышленном производстве: монография / Н.Е. Сакович, А.М. Никитин, Е.Н. Христофоров, и др. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2015. 504 с.
3. Байдакова Е.В., Ляхова Л.А. Выбор оптимальных трудоохранных мероприятий в мелиорации // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: материалы XVI Межвузовской научно-практической конференции. Брянск, 2003. С. 47-49.
4. Сакович Н.Е. Совершенствование системы управления и обеспечения безопасности дорожного движения: монография. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. 176 с.
5. Сакович Н.Е., Никитин А.М., Христофоров Е.Н. Теоретические основы безопасности дорожного движения: монография. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2014. 187 с.
6. Сакович Н.Е. Математическое моделирование в обеспечении безопасности дорожного движения: монография. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. 176 с.

7. Сакович Н.Е., Христофоров Е.Н., Никитин А.М. Теоретические основы анализа состояния безопасности движения за определенный период эксплуатации машин // Вестник Брянского ГТУ. 2015. № 1 (45). С. 67–72.

8. Сакович Н.Е., Христофоров Е.Н. Обеспечение безопасности транспортных процессов определяемых надежностью грузовых автомобилей // Вестник БГТУ. 2015. № 2 (46). С. 88–92.

УДК 631.3

К ВОПРОСУ ГЕРМЕТИЧНОСТИ КАБИНЫ СЕЛЬХОЗМАШИН

**НИКОЛАЕВ М.Ю., ПИНЧУКОВ А.П., НИКОЛАЕВ М.Д.,
ГЕНИН Е.Г., ШИЛИН И.Н., ГУСАРОВ С.С., ЧЕРНОДЕД В.В.**

Аннотация: рассмотрены новые подходы в решении проблемы герметизации кабин тракторов, очень важной, особенно на радиоактивно – загрязненных территориях

Ключевые слова: трактор, кабина, герметичность, вентиляция, неплотность, метод

TO QUESTION THE TIGHTNESS OF THE CABIN OF AGRICULTURAL MACHINERY

***NIKOLAEV M. Yu., PINCHUK A. P., NIKOLAEV M. D., GENIN E. G.,
SHILIN, I. N., S. S. GUSAROV, V. V. CHERNODED***

Abstract: new approaches to solving the problem of sealing tractor cabs, which are very important, especially in the radioactive contaminated areas, are considered.

Keywords: tractor, cab, air-tightness, ventilation, air leakage rates, the method.

Учитывая важность параметра герметичности кабин и сложности с его определением непосредственными замерами, встал вопрос о разработке инструментального способа оценки герметичности кабин.

ГОСТ 12.2.002.6-91 «ССБТ. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Метод определения герметичности кабин» определяет герметичность как разность «между статическим давлением воздуха внут-

ри и снаружи кабины оператора (избыточным давлением), измеряемым в миллиметрах водяного столба или в Паскалях» [1,2,4].

Это определение и метод, на нём основанный, на наш взгляд, неправильны. Получается, что одна и та же кабина, оборудованная разными по расходу и давлению вентиляционными установками, будет иметь разную герметичность.

Вместе с тем, энциклопедическое определение герметичности таково: «герметичность – способность оболочки (корпуса), отдельных её элементов и соединений препятствовать газовому или жидкостному обмену между средами, разделенными этой оболочкой» (БСЭ, т.6, с. 420). Таким образом, если герметичность – это свойство оболочки, то и характеризоваться оно должно параметром, присущим этой оболочке, а не параметрами разделяемых ею сред. Такими параметрами могут служить текучесть, характеризующая количеством вещества, перетекаемого через оболочку в единицу времени, или целостность, характеризующая суммарной площадью отверстий и щелей в оболочке.

Определение степени герметичности кабин тракторов для создания комфортных условий труда не требует исследований проницаемости материалов и течей через их структуру, а предполагает учёт технологических и монтажных отверстий в панелях и щелей в соединении различных элементов кабины, составляющих суммарную площадь неплотностей.

Для теоретического обоснования метода рассмотрим два варианта подачи воздуха в испытываемую кабину:

- 1) без каких-либо конструктивных изменений кабины (типовая кабина);
- 2) та же кабина, но с дополнительным, известной площади, отверстием в ее поверхности (F).

В первом случае уравнение аэродинамики при вентиляции кабины будет иметь вид

$$G_1 = \mu_1 F \sqrt{\frac{2\Delta P_1}{\rho}} \quad (1)$$

Во втором случае уравнение аэродинамики запишется следующим образом

$$G_2 = \mu_2 (F + F_1) \sqrt{\frac{2\Delta P_2}{\rho}} \quad (2)$$

В случае равенства G_1 и G_2 и незначительного различия μ_1 и μ_2 разделив левые и правые части уравнений (2) и (3) и преобразовав полученное выражение, имеем

$$F = \frac{F_1}{\sqrt{\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2} - 1}} \quad (3)$$

Уравнение (3) свидетельствует о том, что суммарную площадь неплотностей можно определить, замерив только избыточное давление в кабине в двух описанных случаях.

Осталось выяснить, как достигнуть $G_1 = G_2$ в экспериментах и насколько влияет допущение о том, что $\mu_1 = \mu_2$.

Известно, что стабилизированный профиль скорости потока воздуха в одном и том же воздуховоде и расход воздуха по нему определяются уровнем динамического давления. Поэтому для достижения первого равенства в экспериментах, оказывается, вовсе не следует определять численные значения G_1 и G_2 , а необходимо поступить следующим образом.

Проводя первый эксперимент со стандартной кабиной (рисунок 1), кроме избыточного давления в ней ΔP фиксируют уровень динамического давления в любом месте воздуховода, по которому подается воздух в кабину P_0 [1].

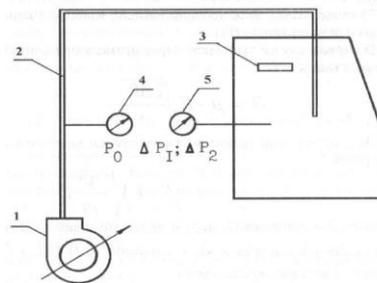


Рисунок 1 – Схема расположения приборов и оборудования при определении суммарной неплотности кабин:

1 – вентустановка с регулируемым забором воздуха; 2 – воздухопроводы; 3 – индикаторное отверстие регулируемой площади; 4 – манометр динамического давления в воздуховоде; 5 – манометр избыточного давления в кабине

Затем открывают известной площади отверстие в поверхности кабины (3), избыточное давление при этом в кабине падает, скорость и динамическое давление в воздуховоде возрастают. Уменьшая подачу воздуха (числом оборотов двигателя или дросселированием потока) добиваются равенства динамического давления P_0 в воздуховоде его первоначальному значению в той же точке, после чего замеряют ΔP_2 .

Равенство уровней динамических давлений в воздуховоде в двух

случаях определяет и равенство G_1 и G_2 .

Что касается различия значений μ_1 и μ_2 то они возможны только в той мере, в которой дополнительное (индикаторное) отверстие по своим аэродинамическим свойствам будет различаться с имеющимися неплотностями. Так как количество отверстий в кабинах тракторов, по нашим подсчетам достигает от 50 до 70 штук, то трудно предположить, что индикаторное отверстие, где бы оно ни было расположено, внесет дополнительное разнообразие, вызвав значительное изменение коэффициента расхода.

Наши дополнительные исследования, проведенные на модели кабины с известным количеством и площадью неплотностей, показали, что изменения значения μ при организации индикаторного отверстия действительно не происходит.

Для проверки работоспособности и оценки погрешности этого метода были испытаны кабины тракторов Волгоградского тракторного завода по схеме приведенной на рисунке 1.

Забор воздуха регулировали изменением площади всасывающего отверстия вентилятора 1, а площадь индикаторного отверстия – с помощью стекол подъёмника боковой двери кабины. Всасывающее отверстие системы вентиляции кабины было загерметизировано.

Результаты замеров и расчётов суммарной неплотности кабины трактора «Волгарь» ДТ-75С приведены в таблице 1 (строки 1...6).

Таблица 1 - Результаты экспериментальных исследований по оценке герметичности

| Номер опыта | Площадь индикаторного отверстия F_1 , см ² | Показания микроманометра, Па | | Суммарная площадь неплотностей F , см ² |
|-------------|---|------------------------------|--------------|--|
| | | ΔP_1 | ΔP_2 | |
| 1 | 0,106 | 10 | 366 | 366 |
| 2 | 0,106 | 17 | 353 | 353 |
| 3 | 0,106 | 35 | 366 | 366 |
| 4 | 0,136 | 25 | 352 | 352 |
| 5 | 0,136 | 33 | 385 | 385 |
| 6 | 0,136 | 7 | 363 | 363 |
| 7 | 0,48 | 47 | 84 | 84 |
| 8 | 0,48 | 38 | 84 | 84 |
| 9 | 0,72 | 25 | 81 | 81 |
| 10 | 0,72 | 37,5 | 85 | 85 |
| 11 | 0,106 | 25,5 | 84 | 84 |
| 12 | 0,106 | 47,5 | 9,5 | 85,5 |

Анализ данных свидетельствует, что средняя арифметическая величина суммарной неплотности кабины этого трактора составляет 364 см^2 . Максимальное отклонение – 3%.

Исследование герметичности кабины трактора ДТ-75Н, предназначенного для работы в условиях радиоактивного загрязнения территории, дало среднее значение суммарной неплотности – 84 см^2 . Результаты исследований приведены в таблице 6.1 (строки 7 – 12). Присутствие оператора в кабине не влияет на результат измерения суммарной площади неплотностей [1,2,5].

На данную методику, как на «Способ определения площади суммарной неплотности при контроле герметичности кабин операторов» получено авторское свидетельство [1].

В заключение следует заметить, что предложенный способ оценки герметичности кабин прост в применении и довольно точен в силу того, что уровень избыточного давления и площадь индикаторного отверстия могут определяться с любой степенью точности.

Таким образом, подводя итоги анализа ГОСТ 12.2.002.6-91 и проблем, связанных с определением герметичности кабин, можно сделать следующие выводы:

Герметичность кабин – показатель, численное значение которого необходимо знать как машиностроителям, так и эксплуатационникам для проектирования систем жизнеобеспечения для механизаторов и оценки защитных свойств кабин.

В ГОСТ 12.2.002.6 – 91 ошибочно дано определение герметичности и поэтому нет способа оценки этого показателя.

Для герметизации кабины сельскохозяйственных машин предлагаем систему герметизации представленную на рисунке 2 [2,3,6].

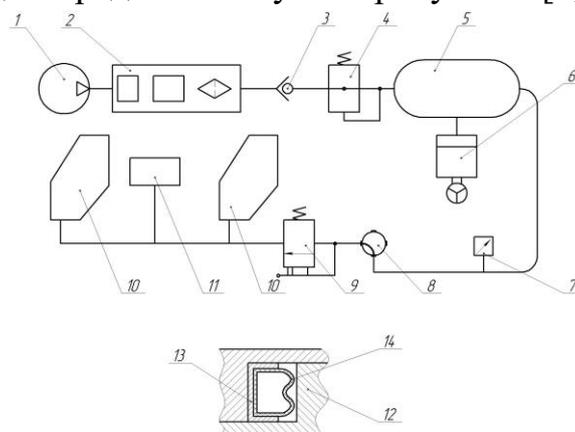


Рисунок 2 – Функциональная схема системы герметизации дверей и люков кабины трактора: 1 – компрессор; 2 – блок подготовки воздуха;

3 – обратный клапан; 4 – редуктор; 5 – воздушный баллон; 6 - кран слива конденсата; 7 – манометр; 8 – кран управления системой герметизации; 9 – предохранительный клапан; 10, 11 – шланги герметизации; 12 – дверь; 13 – желоб

Часть агрегатов системы имеется и непосредственно используется в пневматической системе тракторов, в частности марки МТЗ, за исключением: крана управления, предохранительного клапана, шлангов герметизации и манометра.

Система работает следующим образом. При запуске двигателя трактора воздух от компрессора 1 через блок подготовки воздуха 2, обратный клапан 3 и редуктор 4 поступает в воздушный баллон 5, а затем к крану управления системой герметизации 8. При закрытых дверях кабины 12 и включении крана управления 8 воздух поступает в шланги 10, 11, которые, изменяясь в объеме, обеспечивают герметизацию дверей и люков кабины. При отключении компрессора давление воздуха в системе удерживается обратным клапаном 3. В случае превышения давления воздуха в шлангах, срабатывает предохранительный клапан 9, стравливая воздух из системы герметизации.

Вывод.

Предложенный метод определения герметичности кабин не требует приборной или другой доработки и поэтому может использоваться в качестве стандартного.

Литература

1. Гавриченко А.И., Кормин А.М. Микроклимат в кабинах сельскохозяйственных машин: монография. Орел. Изд-во Орел ГАУ, 2009. 184 с.
2. Система герметизации кабины трактора: пат. 111815 / Сакович Н.Е., Христофоров Н.Е. и др.; опубл. 2011. Бюл. № 24.
3. Сакович Н.Е. Обеспечение безопасности транспортных работ в сельскохозяйственном производстве за счет снижения аварийности сельскохозяйственной транспортной техники: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2013. 300 с.
4. Сакович Н.Е., Христофоров Е.Н. К вопросу улучшения условий труда операторов мобильных энергетических средств // Вестник Брянская ГСХА. 2011. № 1. С. 23-27.
5. Сакович Н.Е., Христофоров Е.Н., Шкрабак В.С. Теория и практика обеспечения безопасности дорожного движения в АПК: монография. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2008. 282 с.

6. Системный анализ и моделирование проблем обеспечения безопасности транспортно – технологических процессов в агропромышленном производстве: монография / Н.Е. Сакович, Е.Н. Христофоров, А.М. Случевский, Ю.В. Беззуб и др. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2015. 509 с.

УДК 631.3:51

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ВОПРОСЕ
ГЕРМЕТИЧНОСТИ КАБИН СЕЛЬХОЗМАШИН**

**НИКОЛАЕВ М.Ю., ПИНЧУКОВ А.П., НИКОЛАЕВ М.Д.,
ГЕНИН Е.Г., ШИЛИН И.Н., ГУСАРОВ С.С., ЧЕРНОДЕД В.В.**

Аннотация: приведены математические модели позволяющие рассчитать количество и время поступления вредных веществ в кабину сельскохозяйственной машины

Ключевые слова: вредные вещества, воздухообмен, воздух, фильтрация, кабина, формула, уравнения, безопасность

***MATHEMATICAL MODELING IN QUESTION
THE TIGHTNESS OF CABINS OF AGRICULTURAL MACHINES***

***NIKOLAEV M. Yu., PINCHUK A. P., NIKOLAEV M. D., GENIN E. G.,
SHILIN, I. N., S. S. GUSAROV, V. V. CHERNODED***

Abstract: the mathematical models allowing to calculate quantity and time of receipt of harmful substances in a cabin of the agricultural machine are given.

Keywords: pollutants, air, air, filter, cabin, formula, equation, safety.

По многочисленным данным, концентрации вредных веществ в воздухе кабин тракторов значительно превышают установленные пределы при выполнении агрегатами операций по обработке почвы, по уходу за растениями и при уборке урожая [1].

С целью обоснования необходимости фильтрации воздуха от пылевого и химического загрязнения и разработки технических требований к средствам очистки воздуха, следует выявить закономерности формирования процесса загрязнения воздуха в кабинах тракторов [1,3,5,].

Для упрощения, рассмотрения явления загрязнения внутреннего воздуха кабины принимаем случай однокомпонентного содержания вредности в наружном воздухе – пестицидного загрязнения. Рассмотрим случай формирования токсического фона в воздухе кабины с допущением, что поступление пестицидов в кабину постоянно во времени и распределение их по объему равномерное. Необходимо определить концентрацию пестицида Y , г/м³ в любой момент времени после начала работы агрегата t , ч при условии, что в кабину объемом V , м³ поступает наружный воздух интенсивностью v , м³•с концентрацией пестицида Y_H , г/м³.

Количество поступающего в кабину пестицида в течение времени dt составляет $vY_H dt$. В этот же отрезок времени из кабины в процессе эксфильтрации удаляется воздух с концентрацией Y . Следовательно, общее количество удаляемого токсиканта составляет $vY dt$. Алгебраическая сумма этих составляющих и определяет изменение количества пестицида в объеме кабины, т. е.

$$vY_H dt + vY dt = VdY \quad (1)$$

Перегруппировав составляющие уравнения (1), запишем дифференциальное уравнение в канонической форме.

$$\frac{VdY}{vdt} + Y = Y_H$$

Решение этого уравнения при начальных условиях $Y = 0$ при $t = 0$ – выражается зависимостью

$$Y = Y_H \left(1 - e^{-\frac{v}{V}t} \right) \quad (2)$$

Из условия безопасной работы концентрация пестицидов в атмосфере кабин не должна превышать ПДК (обозначим R), т. е.

$$Y = Y_H \left(1 - e^{-\frac{v}{V}t} \right) \leq R$$

откуда

$$e^{-\frac{v}{V}t} \geq 1 - \frac{R}{Y_H}$$

Прологарифмировав это выражение, определим время, начиная с которого концентрация вредности достигает уровня ПДК.

$$t \geq -\frac{\ln\left(1 - \frac{R}{Y_H}\right)}{v/V} \quad (3)$$

Численность этой дроби величина отрицательная, поэтому t всегда положительно.

Аналитическая зависимость (3) позволяет также характеризовать необходимую степень герметичности кабин, обуславливающую определенную степень кратности воздухообмена $Z_H = v/V$

$$\frac{v}{V} = Z_H \leq -\frac{\ln\left(1 - \frac{R}{Y_H}\right)}{v/V} \quad (4)$$

Как следует из уравнений (2) и (3), расчет динамики загрязнения воздуха кабин возможен после определения кратности (Z_H) или интенсивности воздухообмена (v) в процессе инфильтрации и концентрации вредных ингредиентов в наружном воздухе (Y_H).

Исследования неорганизованного воздухообмена в различных сооружениях в процессе инфильтрации проводились в нескольких странах рядом авторов. Основная цель исследований заключалась в определении степени воздухопроницаемости различных типов сооружений с целью экономии тепла на обогрев в холодный период эксплуатации. Это, как правило, экспериментальные исследования, позволяющие выявить показатели инфильтрации для условий эксперимента [1,3,5].

С целью определения основных закономерностей протекания процесса инфильтрации в кабинах при различных климатических условиях рассмотрим метод, предложенный в работе. Суть этого метода состоит в том, что потери тепла на инфильтрацию при расчете обогрева сооружений предлагается учитывать с помощью корректировки коэффициента теплопередачи. Численная величина этого условного коэффициента может быть получена по расходу тепла в процессе воздухообмена, идущего на нагревание сухой части приточного воздуха и паров, находящихся в его объеме.

$$Q = \rho_1 v C_1 \Delta t + \rho_2 v C_2 \Delta t = 3,6(F\Delta K_{z1} + F\Delta K_{z2}) \quad (5)$$

где Q – теплотери и процессе инфильтрации, Вт;

v – интенсивность воздухообмена, м³/ч;

C_1 – удельная теплоемкость воздуха, кДж/кг °К ;

C_2 – удельная теплоемкость воды, кДж/ кг°К

ΔF – площадь поверхности, м²;

Δt – разность температур внутреннего и наружного воздуха,
 K_{Z1} – коэффициент теплопередачи в результате воздухообмена сухо-
го воздуха, Вт/м²°К

K_{Z2} – коэффициент теплопередачи в результате воздухообмена влаж-
ной части воздуха, Вт/м²°К;

ρ_1 – плотность воздуха, кг/м³;

ρ_2 – плотность воды, кг/м³.

Разделив правую и левую части уравнения (5) на Δt , получим

$$v(\rho_1 C_1 + \rho_2 C_2) = 3,6(K_{Z1} + K_{Z2}) \quad (6)$$

С учетом первой части соотношения (4) из уравнения (6) находим

$$VZ_H(\rho_1 C_1 + \rho_2 C_2) = 3,6(K_{Z1} + K_{Z2})$$

откуда

$$K_Z = \frac{VZ_H}{3,6F}(\rho_1 C_1 + \rho_2 C_2) \quad (7)$$

где $K_Z = K_{Z1} + K_{Z2}$ – коэффициент теплопередачи в результате возду-
хообмена, Вт/м² °К.

Эквивалентный коэффициент теплопередачи, суммарно учитываю-
щий теплопотери кабиной путем теплопередачи через конструкцию кабины
и вследствие инфильтрации воздуха, выражается уравнением (8).

$$K_{\Sigma} = \frac{Q_{\Sigma}}{F\Delta\tau} \quad (8)$$

Для вычисления инфильтрационной составляющей из общего коэф-
фициента можно загерметизировать кабину и провести исследование по
той же методике. Разница в расчетах для двух случаев определит значение
искомого коэффициента. Однако герметизация требует применения до-
полнительных устройств и материалов, что окажет влияние на точность
эксперимента. При определении образующих суммарного коэффициента
исключалась составляющая инфильтрации при создании избыточного дав-
ления воздуха в кабине. Для этого одновременно с нагреванием внутрен-
него воздуха в кабину непрерывно подавали воздух известных параметров
и доводили до состояния внутреннего воздуха. При расчете среднего ко-
эффициента теплопередачи через ограждающие конструкции (K_K) количе-
ство тепла на вентиляцию исключают из общего количества, идущего на
поддержание режима

$$K_K = \frac{Q_{\Sigma} - Q_Z}{F\Delta t} \quad (9)$$

где Q — количество тепла, необходимое для нагревания наружного воздуха до параметров внутреннего, Вт.

Коэффициент теплопередачи вследствие инфильтрации в этом случае будет определяться следующей зависимостью:

$$K_Z = K_{\text{Э}} - K_K \quad (10)$$

Экспериментальные исследования коэффициента теплопередачи инфильтрацией, проведенные для кабин МТЗ-80 (таблица 1) показали, что численное его значение в значительной степени зависит от скорости ветра.

Таблица 1 – Зависимость K_Z для кабины трактора МТЗ-80

| V, м/с | Коэффициент $K_{\text{у}}$, Вт/м ² °С | | | | | | | |
|-----------|---|------|------|------|------|------|------|------|
| | номера опытов | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 0,21 | 0,2 | 0,21 | 0,23 | 0,27 | 0,18 | 0,24 | 0,26 |
| 3 | 0,35 | 0,34 | 0,36 | 0,36 | 0,42 | 0,33 | 0,35 | 0,43 |
| 5 | 0,39 | 0,38 | 0,45 | 0,44 | 0,48 | 0,37 | 0,42 | 0,5 |

Анализ опытных данных показал, что влияние скорости ветра на K_Z с достаточной точностью можно представить прямой корреляционной зависимостью вида

$$K_Z = a - B\bar{V} \quad (11)$$

где a и B — коэффициенты регрессии,

\bar{V} - векторная сумма скорости ветра и трактора.

Находим среднеквадратичные значения K_Z и составляем таблицу 2 для вычисления коэффициентов регрессии и средней квадратичной ошибки $\rho_{KZ(v)}$

Таблица 2 – Определение данных для расчета коэффициентов регрессии a и B и средней квадратичной ошибки $\rho_{KZ(v)}$

| N | v | K_Z | v^2 | vK_Z | Коэффициент K_Z по уравнению регрессии \bar{K}_Z | $K_Z - \bar{K}_Z$ | $(K_Z - \bar{K}_Z)^2$ |
|----------|---|-------|-------|--------|--|-------------------|-----------------------|
| 1 | 1 | 0,23 | 1 | 0,23 | 0,24 | -0,01 | 0,0001 |
| 2 | 3 | 0,37 | 9 | 1,11 | 0,34 | -0,03 | 0,0009 |
| 3 | 5 | 0,43 | 25 | 2,25 | 0,44 | -0,01 | 0,0001 |
| Σ | 9 | 1,03 | 35 | 3,49 | - | | 0,0011 |

Вычисление коэффициентов регрессии было проведено способом наименьших квадратов, согласно которому

$$a = \frac{\Sigma V^2 \Sigma K_z - \Sigma V \Sigma V K_z}{n \Sigma V^2 - (\Sigma V)^2}$$

$$B = \frac{n \Sigma V K_z - \Sigma V \Sigma V K_z}{n \Sigma V^2 - (\Sigma V)^2}$$

Используя данные таблицы 2, получаем численные значения коэффициентов регрессии, с учетом которых уравнение (11) принимает следующий вид

$$K_z = 0,19 + 0,05v \quad (12)$$

Теперь из уравнения (7) с учетом полученного соотношения (11) определяем кратность воздухообмена, необходимую для расчета динамики концентрации вредных ингредиентов в воздухе кабины

$$Z_{II} = \frac{3,6F[(0,19 + 0,05v)]}{c_1 \rho_1 V_1 + c_2 \rho_2 V_2}, \frac{1}{ч} \quad (13)$$

Это выражение дает возможность определить кратность воздухообмена в зависимости от параметров кабины, а также внутренних и наружных условий. Далее, зная значение кратности воздухообмена в кабине, мы можем с помощью формулы (3) определить время, через которое концентрация вредных веществ в кабине достигнет предельно допустимого значения. Так, для трактора МТЗ-80 при концентрации вредных веществ в наружном воздухе, в два раза превышающей предельно допустимую концентрацию (ПДК), и наружных условиях $\Delta t = 10^\circ\text{C}$; ($\varphi = 60\%$; $V=5$ м/с. Кратность воздухообмена равна [1,3,4]

$$Z_{II} = \frac{3,6F[(0,19 + 0,05v)]}{c_1 \rho_1 V_1 + c_2 \rho_2 V_2}, \frac{1}{ч}$$

При $F = 8 \text{ м}^2$; $V_1 = 2 \text{ м}^2$; $V_2 = 1,16 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$; $\rho_1 = 1,205 \text{ кг/м}^3$; $\rho_2 = 998,2 \text{ кг/м}^3$
 $c_1 = 1,002 \text{ кДж/кг } ^\circ\text{K}$; $c_2 = 4,18 \text{ кДж/кг } ^\circ\text{K}$

$$Z_{II} = \frac{3,6 \cdot 8 [(0,19 + 0,05 \cdot 5)]}{1,002 \cdot 1,205 \cdot 2 + 4,18 \cdot 998,2 \cdot 1,16 \cdot 10^{-5}} = 5,14 \pm 0,23 \frac{1}{ч}$$

Время, через которое концентрация вредных веществ в кабине достигнет ПДК,

$$t = \frac{-\ln\left(1 - \frac{R}{2R}\right)}{Z_{II}}, \text{ ч}$$

где R — значение предельно допустимой концентрации, мг/м^3 .

$$t = \frac{-\ln\left(1 - \frac{1}{2}\right)}{5,14} = 0,135 \pm 0,01, \text{ ч}$$

t = 8, мин

Так как кратность воздухообмена инфильтрацией $Z_{и}$ равна кратности воздухообмена эксфильтрацией $Z_{э}$, то для проверки численных значений кратности воздухообмена, полученных аналитическим путем, был проведен эксперимент, при котором $Z_{э}$, определялась по уравнению Зайделя.

$$Z_{э} = \frac{\ln y_1 - \ln y_2}{\Delta t}$$

где $\ln y_1$ и $\ln y_2$ – логарифмы значений концентраций в начальный и последующий моменты времени соответственно;

Δt – период времени между замерами концентраций, ч.

Эксперимент проводился на кабине трактора МТЗ-80 при тех же условиях, что и для определения K_z . Его суть заключалась в том, что в кабину из баллона впускали углекислый газ, измеряли его концентрацию в различные периоды времени с помощью шахтного интерферометра ШИ-10 и по уравнению (13) определяли кратность воздухообмена, которая составила $5,8 \frac{1}{ч}$. Разница с результатом, полученным аналитическим путем, составляет 9,8%, что свидетельствует о допустимости расчета этого параметра по уравнению (13) [1].

Литература:

1. Гавриченко А.И., Кормин А.М. Микроклимат в кабинах сельскохозяйственных машин: монография. Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2009. 184 с.
2. Сакович Н.Е. Обеспечение безопасности транспортных работ в сельскохозяйственном производстве за счет снижения аварийности сельскохозяйственной транспортной техники: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2013 300 с.
3. Сакович Н.Е., Христофоров Е.Н. К вопросу улучшения условий труда операторов мобильных энергетических средств // Вестник Брянская ГСХА. 2011. № 1. С. 23-27.
4. Сакович Н.Е., Христофоров Е.Н., Шкрабак В.С. Теория и практика обеспечения безопасности дорожного движения в АПК: монография. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2008. 282 с.
5. Системный анализ и моделирование проблем обеспечения безопасности транспортно – технологических процессов в агропромышленном производстве: монография / Н.Е. Сакович, Е.Н. Христофоров, А.М. Случевский, Ю.В. Беззуб и др. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2015. 509 с.

ВОДООТВЕДЕНИЕ НА ПОЛИГОНАХ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

ЧЕПУРКО Д.А., ЧУХОВ Е.Н.

Аннотация. Рассмотрены возрастающие требования к защите окружающей среды, как во всем мире, так и нашей стране, поиск новых рациональных путей снижения экологического ущерба, наносимого природной среде повседневной жизнедеятельностью человека.

Ключевые слова: полигон, загрязнение, методы, защита

DRAINAGE FOR MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS

CHEPURKO D. A., CHUHOV E.N.

Abstract. *The increasing requirements for the protection of the environment, both in the world and in our country, the search for new rational ways to reduce the environmental damage caused to the environment by everyday human activity are considered.*

Keywords: *landfill, pollution, methods, protection.*

Постоянно возрастающая хозяйственная деятельность человека создает одну из острейших проблем XX столетия – проблему защиты природной среды от негативного воздействия отходов производства и потребления. Практически во все времена своего существования человек стремился как можно быстрее и дешевле избавиться от отходов.

Учитывая все возрастающие требования к защите окружающей среды, как во всем мире, так и нашей стране, необходим поиск новых рациональных путей снижения экологического ущерба, наносимого природной среде повседневной жизнедеятельностью человека.

Наибольшее распространение в нашей стране и за рубежом получили следующие методы утилизации и переработки ТБО: складирование на полигонах, компостирование и сжигание.

При выборе способа обезвреживания ТБО методом сжигания должна использоваться многоступенчатая система очистки отходящих газов, и ав-

томатизированный контроль за качеством отходящих газов выбрасываемых в атмосферу.

При выборе способа обезвреживания ТБО методом компостирования неблагоприятным фактором является выделение газов в воздушную среду в местах разгрузки ТБО, загрузки и выгрузки биобарабанов, грохочения и дробления.

Наряду с внедрением промышленных методов обезвреживания и переработки бытовых отходов сохраняют свое значение и почвенные методы в виде высоконагружаемых полигонов, являющихся технически совершенными по сравнению с обыкновенными полигонами или усовершенствованными свалками.

Полигоны обезвреживания ТБО обеспечивают их изоляцию и санитарную надежность в эпидемиологическом отношении в плане сохранения окружающей среды.

Полигоны ТБО являются специальными сооружениями, предназначенные для изоляции и обезвреживания, гарантируют санитарную надежность в охране окружающей среды и эпидемическую безопасность для населения. На полигонах обеспечивается статическая устойчивость ТБО с учетом динамики уплотнения, минерализации, газовыделения, максимальная нагрузка на единицу площади, возможность последующего рационального использования участка после закрытия полигонов. Полигоны могут быть использованы для любых по величине населенных пунктов. Проведя анализ имеющихся проектов полигонов ТБО, строящихся на территории Брянской области нужно отметить, что предлагаемые проектные решения по водоотведению с полигонов ТБО можно подвергнуть объективной критике, поскольку сам процесс отведения фильтрата с полигонов ТБО еще недостаточно изучен.

Конструкция системы водоотведения для полигонов ТБО

1 Выбор расположения дренажа

Продольный и поперечный дренаж различаются между собой направлением дренажных линий относительно горизонталей. При продольном дренаже осушительные дрены (или осушители) направлены перпендикулярно горизонталям, а при поперечном под острым углом к горизонталям.

Наиболее полно вопрос выбора расположения дренажа изучен специалистами, работающими в области осушительных мелиораций. Соответствующие наблюдения показали, что при поперечном и продольном расположе-

нии дрен или осушителей за год отводится примерно одинаковое количество избыточной влаги, и что при поперечном и продольном расположении дрен нет существенных различий во внутригодовом распределении дренажного стока, и в величине среднемесячных модулей дренажного стока.

Величина наибольших модулей дренажного стока при продольном расположении дренажа несколько больше, чем при поперечном, и пик паводкового стока при продольном расположении дренажа выше, но величина стока падает быстрее, чем при поперечном расположении дренажа.

В условиях атмосферного питания и подходящего рельефа можно проектировать и поперечный и продольный дренажи. Однако вряд ли стоит рекомендовать продольный дренаж в местах, где ожидается выклинивание напорных грунтовых вод, а также в местах, где имеется необходимость в устройстве контурных дрен для перехвата поверхностных и грунтовых вод протекающих с прилегающих территорий.

Однако с точки зрения эксплуатации, продольный дренаж имеет существенные преимущества по сравнению с поперечным. Поскольку при достаточном уклоне поверхности земли уклон в осушительных системах продольного дренажа в несколько раз больше, чем в системах поперечного дренажа. Отсюда следует, что скорость течения воды (фильтрата) в дренах или осушителях в продольном дренаже будет несколько выше, чем в поперечном, что способствует вымыванию частиц грунта (отходов) попавших в полость дрен или осушителей.

2 Конструкция регулирующей части системы водоотведения на полигонах ТБО

Для отвода фильтрата с полигонов ТБО можно предложить использовать каналы, аналогичные осушительным каналам, используемым в осушительной мелиорации. Хотя данные каналы не будут являться открытыми осушителями.

Каналы будут находиться непосредственно на водоупоре, поскольку в нашем случае водоупором является искусственный экран, который создается для предотвращения проникновения фильтрата к грунтовым водам.

Противофильтрационные экраны бывают различных конструкций:

- однослойные глиняные;
- двухслойные из полиэтиленовой пленки, стабилизированной сажей;
- двухслойные грунтобитумные;
- двухслойные из латекса;
- экраны, с использованием геотекстильного волокна.

Применение дрен для отвода фильтрата является неэффективным, поскольку совместно с фильтратом перемещаются частицы бытовых отходов, что привело бы к заилению дрен и созданию больших гидравлических сопротивлений.

Применение же осушителей заполненных наполнителем определенных фракций позволит избежать данных проблем.

И фильтрат фактически самотеком будет отводиться в магистральный канал.

Далее встает вопрос отвода сточных вод с полигона и последующего их обезвреживания. В имеющихся проектах полигонов ТБО предлагается несколько способов. На полигоне ТБО в Большом Полпино предлагается отводить сток в пруд-накопитель. На других полигонах предлагается отводить сток в специальные колодцы-накопители и оттуда в автоцистерне вывозить на ближайшие очистные сооружения. Однако, как показывают гидрологические расчеты при среднегодовой норме осадков в нашей местности 650мм сток с 1га будет равен 6500 м³/год, опять же сток в течение года неравномерен, поскольку в период снеготаяния сток очень интенсивный, а в меженный период сток уменьшается. Соответственно вывоз такого количества жидкости с полигонов ТБО на очистные сооружения при помощи автотранспорта является проблематичным.

Как выход из сложившейся ситуации, для отведения стока можно предложить использовать водотоки находящиеся вблизи от полигонов, используя самоочищающую способность вод, поскольку содержащийся в воде кислород окисляет органические вещества, которые в избытке находятся в сточных водах, и соответственно будет происходить разбавление и окисление сточных вод до безопасных пределов. На примере строящегося полигона в п. Большое Полпино можно предложить использовать в качестве подобного водотока р. Калинку, находящуюся вблизи полигона.

Литература:

1. Байдакова Е.В., Ляхова Л.А. Выбор оптимальных трудоохранных мероприятий в мелиорации // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: материалы XVI Межвузовской научно-практической конференции. Брянск, 2003. С. 47-49.

2. Байдакова Е.В. Рекомендации по размещению мелкотрубчатых колодцев по территории // Проблемы энергообеспечения, информатизации, безопасности и природопользования в АПК. сборник материалов Между-

народной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2011. С. 12-14.

3. Байдакова Е.В. Методика экспериментальных исследований распределение радионуклидов по территории // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: материалы международной научно-технической конференции. Брянск, 2008. С. 3-6.

4. Байдакова Е.В., Байдаков Е.М. Использование цеолитов для очистки воды от радионуклидов // Агроконсультант. 2011. № 1. С. 29-35.

5. Байдакова Е.В. Мероприятия, ускоряющие поверхностный, внутререпочвенный и грунтовый сток // Проблемы энергетики и природопользования вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии сборник материалов международной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2010. С. 25-28.

УДК 628.94

СОВРЕМЕННЫЕ СВЕТИЛЬНИКИ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ БЫТОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

КУБАТКИНА О.В., КИСЕЛЬ Ю.Е.

Аннотация: Показана эффективность применения современных светильников с датчиком движения для освещения технических помещений. Рассчитан экономический эффект и срок окупаемости применения светильников типа Steinel на примере освещения коридорных помещений Брянского ГАУ.

Ключевые слова: светильник, датчик движения, система освещения.

KUBATKINA O.V., KISEL U.E.

Abstract: The efficiency of modern luminaires with a motion sensor for lighting technical rooms is shown. The economic effect and the payback period for the use of Steinel type lighting fixtures are exemplified by the example of lighting the corridor rooms of the Bryansk State Automated Information System.

Keywords: Lamp, motion sensor, lighting system.

Существующая система управления освещением подъездов и коридоров является нерациональной, так как в настоящее время в основном применяется устаревшие и не эффективные осветительные установки. Обследование корпусов Брянского ГАУ показало, что в коридорах учебных корпусов установлены светильники ЛПП 2x40. Замена таких светильников на современные позволит повысить эффективность освещения, сэкономить электроэнергию и снизить затраты на обслуживание зданий.

Поэтому целью исследований было определение эффективности применения современных осветительных установок в технических помещениях.

Предлагается для экономии электроэнергии установить в коридорах (переходах) учебных корпусов:

- светильники с датчиками движения;
- осуществлять управление освещением коридоров датчиками движения.

Промышленностью выпускаются светильники Steinel RS-100L (рис. 1).



Рис. 1. Вид светильника Steinel RS-100L

Сенсорный светильник настенный (потолочный) для внутреннего освещения с ВЧ сенсором. Время свечения (после последнего обнаружения движения сенсором) от 5 секунд до 15 минут. Плавная регулировка характеристик. 220В.50 Гц. Угол обнаружения 360°, дальность действия 1-8 м. Защита IP 20. Мощность 60Вт. Цвет белый. Размеры: высота – 125 мм, диаметр – 310 мм. Ориентировочная стоимость светильника составляет 8400 руб.

Для управления освещением коридоров предлагается датчик движения Steinel IS-130 (рис. 2).



Рис. 2. Вид датчика движения Steinel IS-130

Управление осветительными установками 220В-50 Гц. максимальной мощностью 600 Вт для ламп накаливания или 500 Вт для люминесцентных ламп. Угол обнаружения по горизонтали - 130° по вертикали - 90°, дальность действия 1-12 м.

Стоимость датчик движения Steinel IS-130 – 2200 руб. Расчет экономического эффекта от применения данных светильников приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Расчет экономического эффекта при управлении освещением коридоров

| Наименование подразделения | Тип светов | Кол-во | Р уст, Вт | Время работы, ч | Экономия электроэнергии | | |
|--|-----------------|--------|-----------|-----------------|-------------------------|---|----------|
| | | | | | кВтч | | тыс.руб. |
| Учебный корпус №1 (коридоры) | ЛСП | 276 | 80 | 3040 | 243200 | 4 | 972800 |
| | Steinel RS-100L | 144 | 60 | 2432 | 145920 | 4 | 583680 |
| Экономия составит | | | | | 59535,36 | | 389120 |
| Стоимость светильника | | 144 | | | 310800 | | 1152000 |
| Срок окупаемости при замене светильников | | | | | | | 2,9 |
| Учебный корпус №2 (коридоры) | ЛСП | 276 | 80 | 3040 | 80547,8 | | 17672,2 |
| | ЛПП | 144 | 72 | 2432 | 27232,2 | | 5974,7 |
| Экономия составит | | | | | 53315,7 | | 11697,5 |
| Стоимость светильника | | 144 | | | 118420 | | 17052,48 |
| Стоимость датчика движения | Steinel IS-130 | 12 | | | 94,08 | | 1128,96 |
| Срок окупаемости при замене светильников | | | | | | | 1,6 |
| Учебный корпус №3 (коридоры)) | ЛСП | 22 | 80 | 3600 | 7603,2 | | 1668,1 |
| | ЛПП | 18 | 36 | 2160 | 1511,7 | | 331,7 |

| Наименование подразделения | Тип светов | Кол-во | Р уст, Вт | Время работы, ч | Экономия электроэнергии | |
|--|-----------------|--------|-----------|-----------------|-------------------------|----------|
| | | | | | кВтч | тыс.руб. |
| Экономия составит | | | | | 6091,5 | 1336,5 |
| Стоимость светильника | | 18 | | | 94736 | 1705,248 |
| Стоимость датчика движения | Steinel IS-130 | 12 | | | 94,08 | 1128,96 |
| Срок окупаемости при замене светильников | | | | | | 2,1 |
| Учебный корпус №4 (коридоры) | НСП | 91 | 60 | 3040 | 16598,4 | 3641,7 |
| | Steinel RS-100L | 26 | 60 | 2736 | 4268,16 | 936,4 |
| Экономия составит | | | | | 12330,2 | 2705,3 |
| Стоимость светильника | | 26 | | | 310800 | 8080,8 |
| Срок окупаемости при замене светильников | | | | | | 3,0 |
| Учебный корпус №5 (коридоры) | ЛСП | 91 | 60 | 3040 | 19918,1 | 4370,0 |
| | ЛПП | 26 | 72 | 3736 | 7553,3 | 1657,2 |
| Экономия составит | | | | | 12364,8 | 2712,8 |
| Стоимость светильника | | 26 | | | 118420 | 3078,92 |
| Стоимость датчика движения | Steinel IS-130 | 1 | | | 94,08 | 94,08 |
| Срок окупаемости при замене светильников | | | | | | 1,2 |
| Учебный корпус №6 (коридоры) | ЛН | 223 | 60 | 3040 | 48810,2 | 10709,0 |
| | ЛПП | 164 | 36 | 2432 | 15507,2 | 3402,3 |
| Экономия составит | | | | | 33303,0 | 7306,7 |
| Стоимость светильника | | 164 | | | 94736 | 15536,7 |
| Стоимость датчика движения | Steinel IS-130 | 1 | | | 94,08 | 94,08 |
| Срок окупаемости при замене светильников | | | | | | 2,1 |

Расчет эффективности замены устаревших светильников на современные осветительные установки с датчиком движения показал, что средний срок окупаемости составит 2 года.

Вывод. Показана высокая эффективность применения современных светильников с датчиком движения для освещения технических помещений. При замене светильников ЛПП 2x40 на светильники Steinel IS-130 с датчиком движения в коридорах Брянского ГАУ средний срок окупаемости составит 2 года.

Литература:

1. Безик В.А., Маркарянц Л.М., Алексанян И.Э. Экономическое обоснование применения комбинированного устройства защиты // Про-

блемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природорользования в АПК: Междунар. научно-техн. конф. / под общ. ред. Маркарянц Л.М. Брянск, 2014. С. 53-60.

2. Особенности производства экологически безопасной продукции растениеводства в Брянской области / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, М.Ф. Мальцев, О.В. Мельникова. Брянск, 2006. С. 413.

3. Яковенко Н.И. Энергоэффективное освещение // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2015. С. 266-269.

УДК 628.94

СВЕТИЛЬНИКИ С АВТОМАТИЧЕСКИМ ПОДДЕРЖАНИЕМ УРОВНЯ ОСВЕЩЕННОСТИ

КУБАТКИНА О.В., КИСЕЛЬ Ю.Е.

Аннотация: Показана эффективность применения современных светильников для освещения учебных аудиторий. Определен экономический эффект применения светильников типа Steinel NightMatic на примере освещения учебных лабораторий Брянского ГАУ.

Ключевые слова: Светильник, датчик движения, выключатель, система наружного освещения.

EXPERIENCE OF APPLICATION OF AUTOMATIC MAINTENANCE OF FIXTURES LIGHT LEVELS IN THE CLASSROOM

KUBATKINA O.V., KISEL U.E.

Abstract: *the efficiency of application of modern fixtures for lighting classrooms. Defined the economic effect of fixtures type Steinel NightMatic for example lighting educational laboratories Bryansk HAU.*

Key words: *light, motion sensor outdoor lighting system switch.*

Для анализа состояния системы освещения была собрана следующая информация:

– тип и количество существующих светильников;

- тип, количество и мощность используемых ламп;
- режим работы системы искусственного освещения;
- характеристики поверхностей помещений (коэффициенты отражения);
- год установки светильников;
- периодичность чистки светильников;
- фактический и нормированный уровень освещенности;
- значения напряжения электросети освещения в начале и в конце измерений освещенности;
- размеры помещения;
- средний фактический срок службы ламп;
- фактическое и нормированное значение коэффициента естественной освещенности.

При контроле уровня освещенности помещений применялся люксметр, имеющий технические характеристики отвечающие требованиям ГОСТ 24940-96.

Затем, производится расчет показателей энергопотребления на основании вышеперечисленных данных полученных в результате инструментального обследования объекта.

Установленная мощность:

$$P_i = P_n \cdot K_{пра} \cdot n, \quad (1)$$

где P_i - мощность осветительной установки i -го помещения в обследуемом объекте;

$K_{пра}$ - коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре осветительных приборов;

P_n - мощность лампы, Вт;

n - количество однотипных ламп в осветительной установке i -го помещения;

Годовое и удельное энергопотребление:

$$W = P_i \cdot T \cdot K_c, \quad (2)$$

где K_c – коэффициент спроса осветительной установки.

T – годовое число часов работы системы i -го помещения;

Значения напряжения осветительной сети в начале и конце измерений находились в диапазоне 215-228 В.

Как показали измерения, в ряде помещений освещенность не соответствует нормируемой .

К основным мероприятиям по повышению эффективности использования осветительных установок относятся:

- переход на другой тип источника света с более высокой светоотдачей (лм/вт);

- повышение КПД существующих осветительных приборов вследствие их чистки;

- повышение эффективности использования отражённого света. Увеличение коэффициентов отражения поверхностей помещений на 20% и более (покраска в более светлые тона, побелка, мойка) позволяет экономить 5-15% электроэнергии, вследствие увеличения уровня освещенности от естественного и искусственного освещения. Эффективность данного мероприятия зависит от большого числа факторов: размеры помещения, коэффициенты отражения поверхностей помещения, расположение световых проемов, коэффициент естественной освещенности (КЕО), режим работы людей в помещении, светораспределение и расположение светильников. Поэтому более точное значение экономии электроэнергии можно получить на основании светотехнического расчета методом коэффициента использования.

- повышение эффективности использования электроэнергии при автоматизации управления освещением;

- установка энергоэффективной пускорегулирующей аппаратуры (ПРА).

Замена светильников является наиболее эффективным комплексным мероприятием, так как включает в себя замену ламп, повышение КПД светильника, оптимизацию светораспределения светильника и его расположения. Для точной оценки экономии электроэнергии необходимо производить светотехнический расчет освещенности для предполагаемых к установке светильников методом коэффициента использования или

В среднем экономически реальный потенциал экономии электроэнергии в системах освещения составил 15-20%.

Предлагается установить светильники ЛСО 20–2х36–201 «У» серии «Фаворит» ОАО «Электрет» г. Брест (0162262526 или в Минске 0172022556) с функцией автоматического поддержания заданного уровня освещенности. Тип крепления светильников – подвесной. Светильники с ЭПРА с плавной регулировкой уровня светового потока ламп в диапазоне 5 ÷ 100%.

Вид светильника представлен на рисунке 1 и 2.



Рис. 1. Общий вид светильника ЛСО 20–2х36–201 «У»

В данных светильниках до 70% экономится электроэнергия за счет автоматического поддержания заданного уровня освещенности.



Рис. 2. Общий вид светильника в помещении

К ЭПРА подключается датчик естественного уровня освещенности, который фиксирует интенсивность внешнего освещения(солнце) поступающий через окна. В ясную солнечную погоду светильник автоматически уменьшает световой поток, в пасмурную погоду или темное время суток светильник автоматически увеличивает световой поток. Регулировка происходит плавно, почти незаметно для человеческого глаза, в пределах от 5 до 100% светового потока лампы.

Регулировка освещенности в зависимости от погоды приведена на рисунке 3.

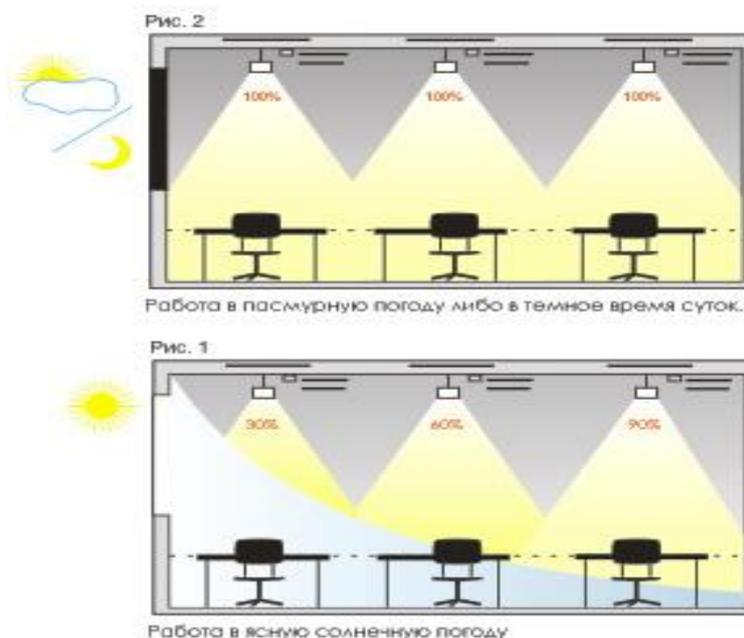


Рис. 3. Регулировка освещенности в зависимости от погоды

Расчет экономического эффекта от проведения мероприятий по совершенствованию системы освещения аудиторий показал их высокую эффективность, значительную экономию электроэнергии и быстрый срок окупаемости вложений.

Литература:

1. Безик В.А., Маркарянц Л.М., Алексанян И.Э. Экономическое обоснование применения комбинированного устройства защиты // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: Междунар. научно-техн. конф. / под общ. ред. Маркарянц Л.М. Брянск, 2014. С. 53-60.

2. Особенности производства экологически безопасной продукции растениеводства в Брянской области / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, М.Ф. Мальцев, О.В. Мельникова. Брянск, 2006. С. 413.

3. Яковенко Н.И. Энергоэффективное освещение // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2015. С. 266-269.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В ТЕХНОГЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

СВИДЕРСКИЙ А.А.

Аннотация. В статье поднимается проблема формирования экологической культуры в современном техногенном обществе. Автор подчеркивает, что направление развития экологической культуры предполагает преодоление крайностей антропоцентризма и биоцентризма.

Ключевые слова: Аксиология, антропоцентризм, биосферная природа, биоцентризм, техногенное общество, техносфера, трансформация ценностей, экологизация культуры, экологическая этика.

THE FORMATION OF ECOLOGICAL CULTURE IN INDUSTRIAL SOCIETY

Abstract. *The article raises the problem of formation of ecological culture in modern-nom the man-made society. The author emphasizes that the direction of development of ecological culture involves overcoming the extremes of anthropocentrism and biocentrism.*

Keywords: *Axiology, anthropocentrism, a biosphere nature, biocentrism, technological society, technosphere, transformation of values, the greening of culture, environmental ethics.*

Экологизация культуры и деятельности, как результат рефлексивно-го отражения неблагоприятных природных факторов развития общества, является значимой, но не ведущей тенденцией современной культуры. Очевидно, что экологическая культура проходит сейчас лишь стадию первоначального становления, поэтому процессы экологизации часто латентны, внутренне противоречивы. Современный человек по-прежнему руководствуется ценностями и нормами раннеиндустриальной культуры. Кроме того, необходимые в условиях кризиса общественные перемены являются следствием множества взаимообуславливающих факторов, действия различных сил, развития многообразных процессов, которые, дополняя друг друга, фактически воспринимаются как равноценные [16, p. 223], что

крайне затрудняет изучение этих изменений и целенаправленную практику по их корректировке.

Социологические исследования, проводимые в различных регионах страны, указывают на незначительные изменения экологических установок респондентов, даже в ситуации локальных экологических катастроф. Декларируемая значимость экологических проблем не означает их интериоризацию на уровне индивидуального и группового сознания [7, с. 109]. Исследования показывают, что в обществе преобладает убеждение в беспомощности перед экологической угрозой, невозможности личного влияния на положение в этой сфере [1, с. 130]. Экологические факторы бытия общества рассматриваются респондентами, как неподдающиеся рациональному осмыслению, объяснению, как тотально опасные, таинственные или даже мистические, а соответственно недоступные практической регуляции [4, с. 137-141]. Противоречие между состоянием среды и экологическими установками людей имеет и свой социально-экономический контекст.

Выявлено, что материальное положение респондентов в большей степени влияет на экологические взгляды и степень интериоризации проблем экологии, нежели опыт пережитой (переживаемой) катастрофы [7, с. 110]. Причину этого следует искать в отсроченности психических реакций в отношении возможной экологической угрозы, что ведет к значительному снижению роли потребности в экологической безопасности среди других витальных потребностей (например, в пище, одежде и т.д.). Кроме того, утверждение экологической культуры во многом противоречит установкам индустриально-либеральной культуры на обладание, преобразование, господство. Экологическая культура вытесняет присущие ей стандарты образа жизни, производства, комфорта [8, с. 130].

Необходимость исключительно кардинальных перемен во взаимодействии общества и природы чаще всего порождает практику переноса этих перемен на достаточно удаленную историческую перспективу. Как отмечал Э. Фромм: «необходимые изменения в образе жизни людей должны быть настолько радикальными, что люди предпочитают жить под угрозой будущей катастрофы, нежели приносить сегодня те жертвы, которые потребовали бы эти изменения» [14, с. 42].

Процесс утверждения экологических ценностей и норм в системе культуры является длительным, он напрямую не связан со стремительными изменениями экологической ситуации, а значит, не соответствует глобальной общественной потребности в масштабных социокультурных пре-

образованиях, направленных на решение современных экологических проблем. Это обусловлено тем, что становление экологической культуры, созидание экологических ценностей требует не только значительных изменений в образе жизни, социокультурных установках людей, но и создания мощных культурно-институциональных опор деятельности [13, с. 50]. Исследователи отмечают, что недостаточно просто декларации, провозглашения ценностей, они должны быть введены и укреплены в культуре и общественном сознании [11, с. 102].

Содержание экологических ценностей может быть достаточно полно эксплицировано и осмыслено в социально-философских и социологических теориях, что позволит выявить природу ценностей, тенденции их изменений. В целом, рационализировать ценностные основания культуры, для того чтобы прогнозировать и проектировать возможные изменения, дать рациональное обоснование управлению развитием культуры. Таким образом, конструктивно-преобразовательная позиция в отношении культуры может получить распространение в контексте решения экологической проблемы [17].

Философский анализ исторических форм взаимодействия общества и природы позволяет выявить исходные причины экологического неблагополучия, определить в качестве ведущего фактора культуру, которая определяет характер, способы, цели деятельности. Отсутствие критической рефлексии над основаниями культуры крайне опасно для нее самой, так как ее процветание напрямую зависит от творческого многообразия, степени внутренней, духовной свободы ее творца и носителя – человека. Большое значение имеет обращение к историческому опыту цивилизаций, переживших экологические кризисы, так как известно, что многие древнейшие цивилизации погибли в результате экофобной деятельности. Экологические катастрофы некогда первых очагов земледельческой культуры - важное тому подтверждение.

В этой связи интересен исторический опыт ответных действий общества на «вызов среды», рассмотрение основных способов решения локальных экологических проблем. Исследователи этой проблемы отмечают, что в любой культуре сохраняется социальная память о способах самосохранения и развития социума [3, с. 345]. Причем, соответственно, наиболее совершенным и пригодным для современной экологической ситуации методом является формирование экологической культуры, смена деятельностной парадигмы. Следовательно, исследование природоохранных тра-

диций, экофильной практики мировых цивилизаций является важным источником обогащения современных национальных культур экологическими ценностями и нормами. Таким образом, на противоречивости, диссонансе экофобных и экофильных установок закрепленных в различных культурах может осуществиться ценностный выбор соответствующий всеобщей задаче в экологизации культуры и деятельности. Важным здесь становится осознание того факта, что в условиях глобализации экологической угрозы человечеству некуда больше мигрировать, а надежды на безграничные возможности науки и техники весьма иллюзорны. Основной опасностью мифологизации и фетешизации науки и техники является не только формирование пассивно-созерцательной позиции субъекта в отношении растущей экологической угрозы, но и закрепление его убежденности в правильности установок культуры, отрицании какой-либо необходимости в изменении ценностей и норм материально-преобразовательной деятельности. Здесь также большое значение может иметь философская критическая рефлексия экологической науки. Необходим ее философско-методологический анализ для установления пределов и возможностей познания социоприродных систем и целенаправленного воздействия на эти системы [5, с. 29], что позволит корректировать преобразовательную стратегию человечества, опирающуюся на достижения науки и техники.

Также необходима целостная философско-педагогическая концепция непрерывного экологического образования и воспитания, которая соединила бы экологическое знание и экологическую нравственность и была бы интегрирована во все виды экологической деятельности. Нужно также отметить, что принципы вышеназванной концепции следует использовать не только в рамках учебной и преподавательской деятельности, но шире, в системе социального управления, производственной деятельности и т.д. Но следует понимать, что процесс интериоризации ценностей неединообразен, а зависит от внутренней духовной жизни субъекта, а значит нельзя механически изменить сложившееся отношение человека к природе. «Отношение человека к природе, - отмечает В.П. Гайденко, - частный случай выбранного им способа бытия в мире, который не может быть адекватно понят без осмысления базисных структур его «я» [2, с. 44]. Усвоение экологических ценностей и норм - это всегда индивидуальный процесс и в случае целенаправленной социализации подразумевает соответствующие методики индивидуального подхода. Ценности невозможно навязать силой, заставить принять, включить в структуру внутреннего мира личности.

В традиционной системе воспитания и педагогической теории складывается определенная тенденция рационального воспитания, некий разрыв между чувствами и интеллектом. Экологическая культура здесь практически отождествляется с экологическим знанием. Чувственно-эмоциональные переживания, возникающие преимущественно в процессе реальной материальной практики субъекта, должны стать основой экологической социализации личности и важнейшим компонентом экологического образования. О ценностном отражении, в полном смысле слова, можно говорить только тогда, когда присутствует живое переживание, ориентирующее человека и побуждающее его к практическим действиям. Чувственность, эмоциональность в ценности – ее неотъемлемый атрибут. Так известно, что основа любой ценности – оценка, есть, прежде всего (в своей основе), эмоциональное переживание предмета, его отношения к субъекту. Эмоция сопровождает любой вид человеческой практики, в том числе и процесс познания, создавая соответствующий, положительный или отрицательный тон, характеризующий все элементы и этапы деятельности. Таким образом, эмоционально-ценностное переживание природы возможно только на основе чувственного контакта с ней.

Значительный ущерб чувственно-эмоциональному компоненту практики наносит развитие техносферы, которая отчуждает человека от природы техническими механизмами, а со времени широкого применения автоматов, компьютерной техники в материально-преобразовательной деятельности, делает его чувственные контакты с природой излишними или даже нежелательными [12, с. 89]. Революционное изменение характера труда происходящее в эпоху НТР заключается в том, что физический труд, подразумевающий постоянные чувственные контакты с природой повсеместно вытесняется умственным. Свой вклад в разрастание проблемы несет и урбанизация, заставляющая человека действовать в условиях уже значительно измененной согласно человеческому замыслу природе, «второй природе». В итоге существование первой природы как бы не является обязательным, она кажется враждебной, чужеродной, хаотичной, что вызывает стремление по возможности упорядочить, ограничить проявления естества. Перенос чувственных переживаний исключительно на объекты техносреды, порождает соответствующие изменения в системе ценностей современной культуры, а в конечном итоге в конкретной материальной практике людей.

Таким образом, важнейшей задачей не только системы современного

образования, но и других институтов духовной жизни общества становится восстановление прочной связи между церебрально-интеллектуальной функцией и аффективно-эмоциональным переживанием, ликвидация разрыва между мыслью и чувством. Так как, невозможно ценностное отношение к природе без чувственного переживания ее явлений, необходимо максимально активизировать этот контакт, сделать его обязательной составляющей учебно-воспитательного процесса. Его организация может принимать форму природоохранительной деятельности, которая должна необходимо сочетаться с эстетическим, художественным освоением природы.

Одним из способов восстановления чувственно-эмоционально контакта с природой является ее эстетическое освоение, освоение посредством художественного творчества. Художественное искусство обладает значительным потенциалом способов и средств для раскрытия природы, как непреходящей эстетической и этической ценности. Эстетическое освоение природы в целом направлено на обретение индивидом гармонии своего, внутреннего Я с окружающей действительностью, то есть восприятие ее как исконно своей, интимно близкой. Как отмечал Н.К. Рерих, подобное восприятие природы порождает такое чувство, когда «...ключок природы, впервые подвергшийся обработке рукой человека, непременно должен вызвать чувство, похожее на впечатление потери чего-то невозвратимого» [10, с. 30]. В ходе подобного освоения природы происходит обогащение духовного мира личности, многие идеи, казавшиеся ранее сугубо умозрительными, находят свое подтверждение.

Эстетическое восприятие формирует неутилитарное, свободное от социально-экономических условностей отношение к природным объектам. Причем восприятие красоты природы часто не требует каких-либо значительных интеллектуальных усилий, дополнительной подготовки, вызывая чувства эстетического удовольствия. Но это не всегда так. Более сложное мировосприятие природных объектов требует определенной культурной базы и высокого уровня развития познавательных способностей. Здесь становится важным сохранение упомянутого нами единства между мыслью и чувством, как залога формирования экологической культуры личности.

Ведь чаще всего для эстетического освоения используются, так называемые, живописные места, где природные объекты привлекают внимание своей необычностью, величественностью, многообразием, яркостью и т.д., что заведомо обуславливает положительные эстетические чувства. Подобная практика может привести к ценностному дифференцированию

природы, отвергающему ее целостность, так как не вся естественная природа отвечает требованиям живописности, или восприятие ее приносит заведомое эстетическое удовольствие. Соответственно формируется деятельностный стереотип сохранения живописности привлекательных объектов природы (причем любой ценой, даже в ущерб существующим биоценозам) и преобразование, совершенствование всех остальных (что тоже не на благо последним). Следовательно, утверждаются экофобные установки культуры, приветствующие любые манипуляции природными объектами в угоду простому эстетическому удовольствию.

Таким образом, чувственное переживание природных объектов должно пересекаться с экологическим знанием, что позволяет говорить не просто о красоте природы, а о ее «экологической красоте». По определению Н.Б. Маньковской, экологическая красота – это комплексная сложная, рациональная красота, оперирующая категориями экономичности, простоты, она заключается в понимании структуры, функционирования, целесообразности экологической системы [6, с. 21]. Экологическая красота подчеркивает эстетическую ценность всей природы как целостного, взаимосвязанного организма, эстетический приоритет первой, невозделанной природы.

Следующее важное замечание по рассматриваемой проблеме проистекает из того положения, что ценность, как результат практики возникает в процессе оценивания субъектом всех элементов собственной деятельности, которая изначально для самого субъекта имеет особый смысл. Субъект должен быть включен во все доступные формы экологической деятельности, как материальной, так и духовной. В ходе этой практики формируются не только сугубо нормативные образцы, стереотипы экологической деятельности, но и окончательно укрепляются ценностные ориентиры.

Формирование экологической культуры потребления будет означать ограничение материальных потребностей, направление их по духовному вектору развития. Критерием потребления должны стать общечеловеческие ценности, объединяющие интересы личности, общества и природы [9, с.151]. В становлении экологической культуры потребления можно выявить три аспекта:

1) природосообразность потребностей должна означать ограничение потребностей индивида потребностями целостного биосферного организма в многообразном саморазвитии и изменении, основанное на восстановлении ценностного отношения к природе как к «сущностно своему иному», что

означает снятие отчуждения от природы;

2) социосообразность потребностей должна означать ограничение потребностей индивида потребностями целостного социального организма, в стабильности, самовоспроизводстве, гармоничном взаимодействии с природой, основанные на принятии общечеловеческих, общекультурных ценностей, что невозможно без устранения острого социального отчуждения;

3) антропосообразность потребностей должна означать ограничение потребностей индивида потребностями другого индивида, что основано на принятии гуманистических ценностей, ценностном восприятии целостности человека, его, нелокализованной во времени и пространстве самооценности, как создателя культуры, общества, что осуществимо исключительно при налаживании диалога между людьми. Здесь необходимо заметить, что ценностное отношение к природе невозможно без ценностного отношения к человеку. Свойственные представителям экологической этики попытки выведения ценности природы из нее самой [15], отрицают многомерность человека, связь генезиса ценностей с человеческой практикой.

В заключении можно отметить, что процесс интериоризации экологических ценностей и норм, формирования экологической культуры личности, включен в сложную структуру общественных отношений. Его успешность во многом зависит от характера социально-экономических, социально-политических отношений, общих тенденций в развитии общественного сознания, причем в мировых масштабах, что соответствует масштабности экологических проблем. Его эффективность будет увеличиваться по мере снятия различных форм отчуждения, в том числе и духовного, для налаживания общемирового диалога и утверждения общечеловеческих ценностей.

Литература:

1. Валитова А.И. Экологическое сознание (сравнительный анализ // Социологические исследования. 1999. № 3.
2. Гайденок В.П. Природа в религиозном мировосприятии // Вопросы философии. 1995. № 3.
3. Гирусов Э.В., Дзуцева З.Т. Культура и гармонизация социоприродных систем Дзуцева // Эпоха глобальных перемен (опыт философского осмысления). М., 2004.
4. Субъективные оценки экологических рисков / И.А. Зыкова, А.Ф. Нечаев, В.В. Прояев, А.П. Касьяненко // Социологические исследования. 1999. №1.

5. Курашев В.И. Экология и эсхатология // Вопросы философии. 1995. № 3.
6. Маньковская Н.Б. Экологическая эстетика за рубежом // Философские науки. 1992. № 2.
7. Мозговая А.В. Экологически устойчивый образ жизни: факторы становления // Социологические исследования. 1999. № 8.
8. Осадчая О.А. Формирование индивидуального мировоззрения и актуальных технологий социального поведения современного человека // Актуальные вопросы экономики и агробизнеса: материалы VIII Международной научно-практической конференции. Брянск, 2017. С. 126-131.
9. Прыкин Б.В. Доктрина самосохранения цивилизации. М., 2003.
10. Рерих Н.К. Человек и природа. М., 1994.
11. Розов Н.С. Конструктивная аксиология и этика ценностного сознания в // Философия и общество. 1999. № 5.
12. Шустов А.Ф. Техническая деятельность как социокультурный феномен: дис. ... д-ра философских наук: 09.00.08. Санкт – Петербург, 2000. 245 с.
13. Шустов А.Ф. Формирование гуманистического идеала культуры // Проблемы и тенденции развития социокультурного пространства России: история и современность: материалы Международной научно-практической конференции / под ред. Т.И. Рябовой. Брянск, 2015. С. 48-53.
14. Фромм Э. Иметь или быть. М., 1986.
15. Nash R. The right of nature. A history of environmental ethics. Madison., 1989.
16. Toffler A. Previews and premises. N.Y., 1983.
17. Черненко И.И. Поликультурное воспитание студентов аграрного вуза/ И.И. Черненко // Актуальные вопросы экономики и агробизнеса: сборник статей IX Международной научно-практической конференции. В 4ч. Ч.4. – Брянск: Изд-во Брянский , 2018. – 450 с.

РОЛЬ ЭКОЛОГИИ КУЛЬТУРЫ В МЕЖКУЛЬТУРНОЙ КОММУНИКАЦИИ

ОСАДЧАЯ О.А.

Аннотация. Статья посвящена экологии культуры как одной из основ межкультурной коммуникации. Экология культуры рассматривается, с одной стороны, как необходимое условие межкультурной коммуникации, а с другой – как результат целенаправленной и стихийной социализации.

Ключевые слова: экология; культура; экологическая культура; межкультурная коммуникация; образование.

В настоящее время содержательный объем понятия «экология» значительно расширился за счет наполнения его социокультурными компонентами. Так, плодотворно развивающаяся мегаэкология, содержит гуманитарную составляющую. Среди широкого спектра экологических наук можно выделить экологию культуры. Понятие это было введено Д. С. Лихачевым, оно отражает экологичное отношение к культуре – и духовной, и материальной. Понятие появилось в 1960-е гг., однако сущность его и наполнение намного старше. Экология культуры подчеркивает необходимость сохранения культурной среды, культурного наследия, а также окружающей среды.

Культурная среда здесь рассматривается как неперемное условие для осуществления духовной, нравственной жизни человека. «Экология культуры предполагает сосуществование, диалог, многообразие различных национальных культур, верований и убеждений, различных художественных языков, в том числе и заумных, невнятных, иррациональных, полифонию концепций и мнений... Общечеловеческие ценности представляют ген культуры» [5, с. 5]. Экология культуры признается одним из разделов экологической эстетики, которая исследует проблемы эстетического с точки зрения взаимосвязи человека и окружающей среды (человек преобразует не только природу, но и самого себя).

В конце 1970-х гг. Д. С. Лихачев поставил вопрос о нравственной экологии: «Изучаются отдельные виды культуры и остатки культурного прошлого, вопросы реставрации памятников и их сохранения, но не изучается

нравственное значение и влияние воздействующей силы на человека всей культурной среды во всех ее взаимосвязях, хотя сам факт воспитательного воздействия на человека его окружения ни у кого не вызывает ни малейшего сомнения» [1, с. 50]. Н. Ф. Реймерс писал, что «как научная дисциплина экология культуры призвана исследовать культурную среду обитания человека, ее формирование и воздействие на людей. Это влияние может распространяться на организм человека и на его личность. В последнем случае экология приобретает социальную, идеологическую окраску» [3, с. 6].

Проблематика экологии культуры выходит за рамки науки и совершает некое вторжение в сферу мировоззрения. «Если в экологию культуры включают антропогенную материально-духовную среду жизни – от культурных ландшафтов и архитектуры до литературы, то экология духа исследует среду морали, воззрений, трудно уловимой духовности человека» [5, с. 7]. Очевидно, именно поэтому, на рубеже тысячелетий особую актуальность обрели проблемы, относящиеся к сфере экологии культуры, ведь экологические проблемы являются отражением уровня духовной культуры общества и человека.

Д. С. Лихачев подчеркивал, что «отношения природы и человека – это отношения двух культур, каждая из которых по своему “социальна”, обладает своими “правилами поведения”. И их встреча строится на своеобразных, нравственных основаниях. Обе культуры – плод исторического развития, причем развитие человеческой культуры совершается под воздействием природы издавна (с тех пор, как существует человечество), а развитие природы – сравнительно недавно происходит под воздействием человеческой культуры. Одна (культура природы) может существовать без другой (человеческой), а другая (человеческая) не может» [5].

Проблематика экологической культуры наслаивается на одну из важнейших проблем современности – проблему заниженных духовных ориентиров. Тему бездуховности, торжества посредственности, массового общества затрагивают многие представители современной западной и отечественной философской антропологии и культурологии. Причины кризисных явлений в современной духовной ситуации нашего общества: разрушены механизмы самовоспроизведения культуры, нарушена технология продуцирования культуры, деформировалось внешнее ее ядро, включающее религию, этнос, искусство, инакомыслие... [8, с. 177] Уничтожение таких трансляторов культуры, как крестьянство, интеллигенция, также отразилось на ее состоянии, способствовало образованию духовного вакуума» [5, с. 6].

Экологическое мышление является одним из главных критериев для определения путей развития современной цивилизации... Отсутствие этических императивов в общественном развитии способно привести, по выражению Н. Н. Моисеева, к появлению «феномена леммингов» в обществе. Как известно, в критические периоды жизни своей популяции, чтобы обеспечить ее сохранность в данной экологической нише, часть леммингов идет на свое собственное уничтожение, осуществляется массовое самоубийство.

Одним из возможных вариантов комплексной культурной программы, интегрирующей вышеперечисленные элементы и направленной на преодоление указанного антагонизма, по мнению многих отечественных культурологов, является экологическая культура (доминирующей сферой в ее формировании выступают экологическое воспитание и образование, формирование экологического сознания).

При этом экологическая культура понимается как «особый вид культуры, который характеризуется совокупностью системы знаний и умений по экологии, уважительным, гуманистическим отношением ко всему живому и окружающей среде» [4, с. 23].

Формирование экологической культуры является сложным, многоаспектным, длительным процессом «утверждения в образе мышления, чувств и поведении людей всех возрастов личностных, морально-политических установок, социально-нравственных ценностей, норм и требований, правил, привычек, осуществление которых обеспечит устойчивое качество окружающей среды, экологическую безопасность и рациональное использование природных ресурсов. Экологическая культура предполагает формирование духовно-нравственных качеств личности, выражается в способности людей осознанно пользоваться своими экологическими знаниями и умениями в практической деятельности, способности поступать по совести в общении с природой и людьми и станет реальностью лишь в результате непрерывного экологического образования и просвещения людей всех возрастов, социальных и профессиональных групп на традиционной Е.А. Ставицкая духовно-нравственной основе» [3, с. 4]. Воспитание экологической культуры у человека есть формирование сознательного восприятия окружающей среды, убежденности в необходимости бережного отношения к природе, разумного использования ее богатств, понимания важности приумножения естественных ресурсов [7, с. 17].

Многие ученые занимались исследованием проблемы формирования экологической культуры (Д.В. Владышевский, В.Р. Душенков, И.Д. Зверев,

В.А. Игнатова, Б.Т. Лихачев, А.В. Миронов, И.Т. Суравегина и др.).

В современной философской литературе, посвященной исследованию экологических проблем, можно выделить следующие определения сущности экологической культуры:

– как процесса сохранения, восстановления и развития всей совокупности общественноприродных ценностей (А. Ф. Лиходиевский);

– как деятельности человека в природе, практического отношения к ней (Н. Г. Васильев);

– как способа регуляции системы взаимоотношений человека и природы (Н. Н. Киселев);

– как характера взаимодействия общества не только с природой, но и с социально-исторической средой (Э. С. Маркарян).

По определению Б. Т. Лихачева, сущность экологической культуры «может быть рассмотрена как органическое единство экологически развитых сознания, эмоционально-психических состояний и научно обоснованной волевой утилитарно-практической деятельности».

В.К. Назаров рассматривает экологическую культуру как систему воздействий человека на среду обитания, обеспечивающую высокое качество его жизни, реализуемую через эволюционирующие образцы сознания, мышления, поведения, трансформируемые из поколения в поколение, и закрепленную в подсознании человека.

И.В. Цветковой принадлежит следующее определение: «Экологическая культура – процесс, связанный с освоением, наращиванием знаний, технологий и опыта и передачей их одним поколением другому в виде нравственных императивов. В то же время экологическая культура – это и результат воспитания, выражающийся в умении человека достигать гармонии в отношениях с окружающей средой». И. Т. Суравегина считает, что экологическая культура есть диалектическое единство знаний, положительного отношения к природе и реальной деятельности человека в окружающей среде. Экологическая культура – это часть общей культуры, регулятор взаимоотношений человека и природы, предполагающий сознательную ориентацию деятельности людей на соблюдение экологических законов, норм, правил. А, например, согласно энциклопедическому словарю по культурологии экологическая культура представляет собой систему ценностных ориентаций, сформировавшихся под влиянием поисков решения экологической проблемы.

Как указано далее в нем:

«... культ биосферы, жизни и человека в противовес культу техники – таковы основные установки экологической культуры. Эти установки опираются на ряд новых ценностных ориентаций, среди которых следует выделить требования сохранения экосистем, отношения к Земле как уникальной экосистеме, осмотрительного и бережного отношения к животному и т.д.» [2, с. 451], при этом экологическая культура есть специфический способ оптимизации деятельности людей в целях гармонизации отношений человека, общества с природой. Экологическая культура основывается на достижениях коэволюции, на единстве социального и природного.

Как видно из приведенных выше определений, существуют некоторые расхождения в определении понятия «экологическая культура». Эти различия, возможно, и незначительные, объясняются существованием различных ее форм. Среди них О. Н. Яницкий выделяет консервационизм, экологизм, утилитаризм и «глубокую экологию» [2, с. 129–130].

1. Консервационизм акцентирует внимание на культурных, этических и эстетических аспектах охраны природы, выступая за сохранение уникальных природных ландшафтов.

2. Экологизм (биосциентизм) возник под влиянием новой науки о растительных сообществах и стремился соединить охрану природу с целями эффективного хозяйствования. Заповедники – эталоны нетронутой природы, которые необходимы для научного развития сельскохозяйственного производства.

3. Утилитаристы стремятся поставить природу на службу человеку. Заповедники не нужны – они должны быть превращены в образцовые сельскохозяйственные предприятия. Эта теория широко распространена во всем мире.

4. «Глубокая», или «глубинная экология» (А. Наес), главный принцип которой: человек – часть природы и имеет равные с ней права.

Е. А. Ставицкая Среди основных элементов экологической культуры как системы выделяют следующие:

- духовные ценности, удовлетворяющие духовные потребности человека;
- деятельность людей по созданию, сохранению, освоению и распространению продуктов материального и духовного труда;
- совокупность социальных норм и учреждений;
- отношение людей к природе, между собой и к самим себе;
- качественно своеобразная исторически конкретная форма жизнедеятельности людей на различных этапах общественного развития;

- особенности этнической и национальной общности;
- специфика сознания и поведения людей в конкретных сферах общественной жизни [3, с. 4].

Помимо создания собственной экологической культуры, существуют и другие варианты: усвоение восточной культурной традиции самоограничения и самопогружения, радикально-запретительные концепции, дезинтеграция и регресс общества, реализация технократического потенциала, при котором ответственность за нахождение путей оптимизации развития перекладывается с человека на технологические механизмы. В отечественной культурологии также представлена мысль о возврате к Православию как к культуuroобразующей религии русского народа для выхода из духовного, социального и экологического кризисов.

Экологизация многих процессов и областей знания также исследуется в настоящее время. Однако нужно сказать, что некоторые исследователи, среди них, к примеру, Н.В. Кропотова, признают, что «в большинстве случаев экологическое мировоззрение определяется предельно эскизно, например, как умение мыслить, учитывая интересы всего человечества, понимание его единства и неразрывной связи» [4, с. 15–16].

В целом, говоря о формировании экологического общества – такого общества, которое ориентировано на повышение уровня и качества жизни людей, экологичность в котором становится имманентным свойством культуры, критерием социально-экономического и научно-технического развития [6, с. 17], – часто упоминают об экологическом сознании, воспринимая его не только как сознание человека, исходящего из экологических императивов, но и как его коренную перестройку – от обретения экологической грамотности к экологической культуре всего общества.

В развитии экологической культуры огромную роль играет экологическая этика. Речь идет об отказе от нанесения ущерба природе, принятии экологически грамотных решений во имя будущих поколений, недопустимости любых природо-преобразующих действий, ставящих под угрозу возможность существования. Для этого многие ученые считают необходимым специально выделить экологический аспект гуманизма (названный О. К. Флехтаймом экогуманизмом). Как одно из существенных условий становления экологического общества отмечают идею гармоничного развития личности, которая требует всестороннего учета природных факторов в индивидуальном, духовном, интеллектуальном и физическом развитии. Речь идет об установлении экогармоничной личности, в которой найдет высшее

выражение творческий потенциал, заложенный в человеке разумном, способном установить более оптимальные дружелюбные отношения с окружающей его как социальной, так и природной средой.

Разрабатывается и предлагается к внедрению экологическая этика как учение о моральных отношениях человека с природой, основанных на равноправии и равноценности всего живого, а также об ограничении прав и потребностей человека [9].

При этом основными ее задачами должны стать:

- изменения взаимоотношения с природой с потребительски негуманного на гуманное;
- формирование экологического сознания, основанного на том, что природа и человек – звенья единой системы, поэтому культурно-преобразующая деятельность должна соответствовать естественным законам развития.

Образование призвано в этом случае стать проводником такого мировоззрения; парадигма же, которую предлагается заложить в основу воспитания человека с целостным мировосприятием и сформированным экологическим сознанием как важным компонентом культуры, должна включать следующие принципы:

1. Свобода человека по отношению к природе относительна.
2. Для формирования гармоничной личности необходимо ее непрерывное образование, способствующее становлению экологического сознания и культуры. (Здесь важно понятие «экологически культурной личности», которое иногда определяется как «личность, уверенно Е. А. Ставицкая владеющая принципами эгоцентричного мышления, глубоко понимающая взаимосвязь явлений природы, отчетливо осознающая последствия предпринимаемых действий и обладающая обостренным чувством ответственности перед современниками и потомками за свое экологическое поведение» [2, с. 10]. Важно подчеркнуть, что эгоцентризм – это особое мировоззрение, парадигма, весьма сомнительно, можно ли образование строить именно на ней.
3. Формирование экологической культуры, которая выступает в виде процессов и форм адаптации человека и общества к окружающей среде, должно начинаться с развития экологического сознания.

Литература:

1. Большаков А.А. Древняя Русь IX–XIII вв.: очерки истории и антропоэкологии. М.: МНЭПУ, 1997. 270 с.

2. Ефимова Е.И. Методологические основы становления экологической культуры: монография. Владивосток: Изд-во Дальневосточного университета, 2000. 260 с.

3. Колосова О.Ю. Экологическая культура в глобализирующемся обществе // Культура и религия. 2011. № 3 (3). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://culture-and-religion.org/Files/3\(03\)2011/Kolosova.pdf](http://culture-and-religion.org/Files/3(03)2011/Kolosova.pdf)

4. Кропотова Н.В. Экологизация мировоззрения – центральная проблема СЕИ: Материалы 6-й научной конференции «Человек и природа – проблемы социоестественной, 1997. С. 15–16. – (Социоестественная история. Вып. X–M).

5. Левит С. Я. Экология культуры : научно-аналитический обзор / Академия наук СССР; Институт научной информации по общественным наукам. М., 1990. 53 с.

6. Свидерский А.А. Проблема формирования экологической культуры в техногенном обществе // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 5. С. 14-18.

7. Свидерский А.А. Проблема направления экотрансформации современной культуры // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4. С. 14-18.

8. Шустов А.Ф. Техническая деятельность как социокультурный феномен: дис. ... д-ра философских наук: 09.00.08. Санкт – Петербург, 2000. 245 с.

9. Черненкова И.И. Поликультурное воспитание студентов аграрного вуза/ И.И. Черненкова // Актуальные вопросы экономики и агробизнеса: сборник статей IX Международной научно-практической конференции. В 4ч. Ч.4. – Брянск: Изд-во Брянский , 2018. – 450 с.

УДК 621.31

КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ С РАЗРЯДНЫМИ ЛАМПАМИ

БЕЗИК В.А., КУБАТКИНА О.В., ЖИРЯКОВ А.В.

Аннотация: в статье проведен анализ качества электрической энергии в сетях с разрядными лампами; проведена оценка показателей качества электроэнергии.

Ключевые слова: электроэнергия; качество электрической энергии; распределительная сеть, гармонические искажения, разрядные лампы.

POWER QUALITY IN NETWORKS WITH DISCHARGE LAMPS

BEZIK V. A., KUBATKINA O.V., ZHIRYAKOV A.V.

Abstract: in article is made analysis of quality of electric energy in power network with discharge lamps; is made assessment of indicators of quality of electric energy.

Keywords: electricity; power quality; distribution network, harmonic distortion, discharge lamps.

Основными потребителями электроэнергии тепличных хозяйств являются электроустановки досвечивания, имеющие наибольшую мощность из всех потребителей.

Принимая, что в пусковом режиме электроустановки досвечивания с разрядными лампами могут потреблять мощность в 3 раза больше нормальной, их нагрузка становится сопоставимой с мощностью питающих трансформаторов. Изложенное означает, что в пусковом режиме электроустановками досвечивания являются мощным потребителем с нелинейным характером сопротивления, т.к. индуктивный балласт (дроссель) ПРА является нелинейным сопротивлением. Кроме того, сам разряд в газоразрядной лампе имеет нелинейную вольтамперную характеристику.

Таким образом, электроустановки досвечивания, питаемые синусоидальным напряжением, являются источниками нелинейных искажений, создающими в электрической сети гармонические составляющие тока. Генерируемые гармоники тока являются причиной появления гармоник напряжения и, тем самым, в сети блока появляется несинусоидальное напряжение, ухудшающее эксплуатационные показатели электрооборудования. Несинусоидальности напряжения и тока в свою очередь являются причиной появления несимметрии в фазах, что еще больше ухудшает качество электроэнергии в сети.

Проведем анализ искажений тока и возникновения несимметрии.

При синусоидальной форме напряжения $u_c(t)$, поступающего на газоразрядную лампу с индуктивным дросселем форма кривой тока через лампу $i_d(t)$ отличается от синусоидальной и имеет вид, показанный на рисунке 2.

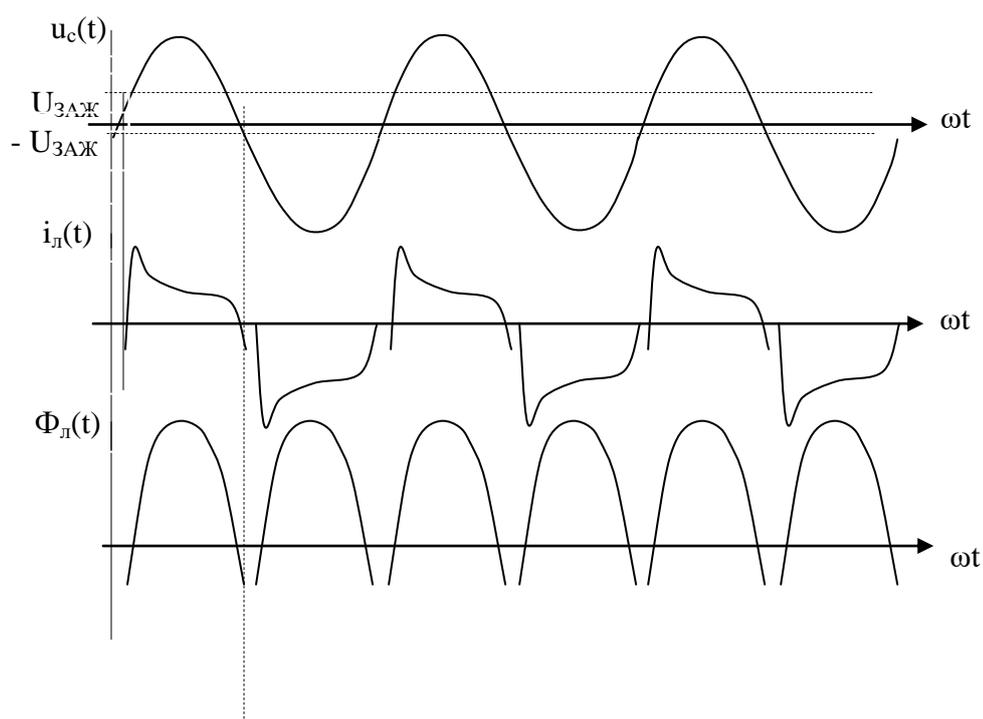


Рисунок 1. Формы кривых напряжения сети $u_c(t)$, тока $i_l(t)$ через газоразрядную лампу с индуктивным балластом и светового потока $\Phi_l(t)$ лампы

С достаточной для практики точностью кривую тока аппроксимируем трапецией, тогда получаем упрощенную кривую тока лампы, изображенную на рисунке 3 б).

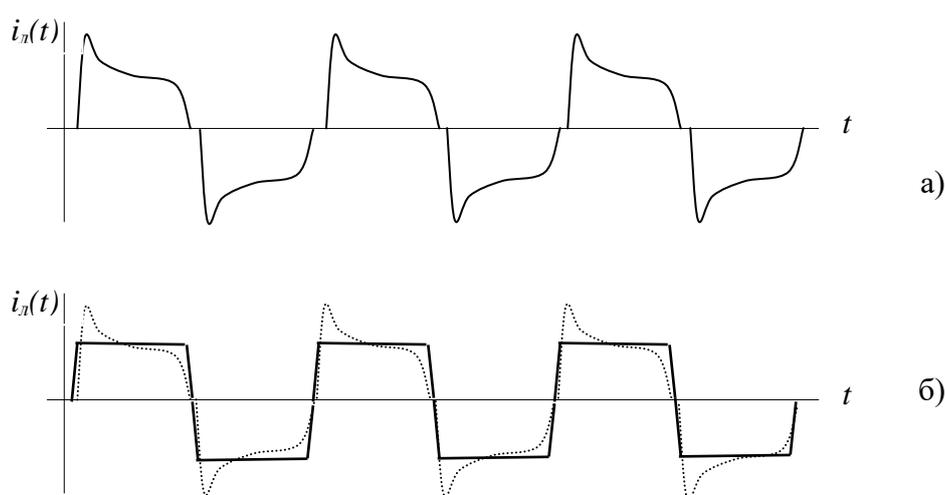


Рисунок 2. Аппроксимация кривой тока $i_l(t)$ а) через лампу с индуктивным балластом трапециевидной кривой б)

Так как кривая б) симметрична относительно оси абсцисс, то в разложении трапецевидной кривой тока, полученном с помощью преобразования Фурье, будут отсутствовать постоянная составляющая I_0 и четные (косинусные) гармоники с индексами $n = 2, 4, 6, \dots$, т.е. $I_{2m} \cos(2\omega t + \varphi_2) = 0$, $I_{4m} \cos(4\omega t + \varphi_4) = 0$, и т.д. Тогда мгновенный ток через газоразрядную лампу можно записать выражением

$$i_n(t) = I_{1m} \sin(\omega t + \varphi_1) + I_{3m} \sin(3\omega t + \varphi_3) + I_{5m} \sin(5\omega t + \varphi_5) + \dots \quad (1)$$

Изображение полученного несинусоидального трапецевидного тока можно получить, используя свойства симметрии трапеции. Для этого рассмотрим детальное пояснение параметров, показанное на рисунке 4.

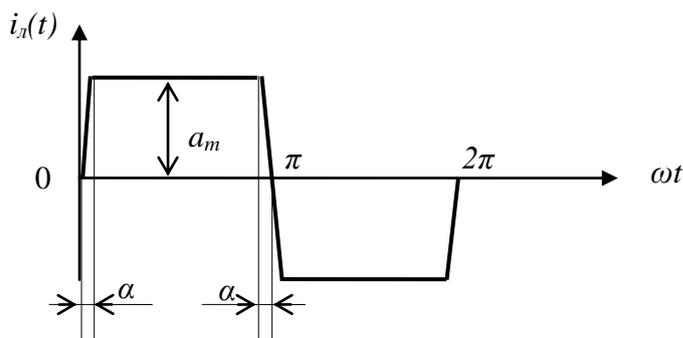


Рисунок 3. Параметры аппроксимированной трапецевидной кривой тока $i_n(t)$: a_m – амплитудное значение кривой $i_n(t)$; $\alpha = \pi/12$

Пользуясь табличным представлением данной кривой, приведенной в [4], разложение в ряд Фурье кривой, изображенной на рисунке 4, можно записать формулой:

$$f(t) = \frac{4a_m}{\alpha \cdot \pi} (\sin\alpha \cdot \sin\omega t + \frac{1}{9} \cdot \sin 3\alpha \cdot \sin 3\omega t + \frac{1}{25} \cdot \sin 5\alpha \cdot \sin 5\omega t + \frac{1}{49} \cdot \sin 7\alpha \cdot \sin 7\omega t + \dots) \quad (2)$$

Известно из теории трехфазных электрических цепей [4], что гармоники с номерами $n = 1, 7, 13, 19, \dots$ в трехфазной сети образуют симметричные составляющие прямой последовательности, гармоники с $n = 5, 11, 17, 23, \dots$ - симметричные составляющие обратной последовательности, а гармоники с $n = 3, 9, 15, 21, \dots$ - симметричные составляющие нулевой последовательности. Наличие несимметрии в сети электроснабжения с нелинейной нагрузкой приводит к снижению эффективности работы электрооборудования, средств управления КИП и автоматики, ухудшает в целом эксплуатационные параметры аппаратов и силового электрооборудования.

Таким образом, несинусоидальная кривая тока через лампу создает не только искажения кривых тока и напряжения в сети, но и приводит к возникновению несимметрии фазных напряжений. Для детального анализа степени ухудшения качества электрической энергии в сети необходимо выполнить замеры тока через лампу в рабочем режиме.

Произведем аналитический расчет коэффициентов несинусоидальности и несимметрии для сетей с нелинейной нагрузкой в виде разрядных ламп.

В качестве примера рассмотрим осветительные сети с лампами типа ДНаТ-1000 с ПРА, обеспечивающими коэффициент мощности $\cos\varphi = 0,85$. Определим действующее значение тока одной лампы:

$$I_l = S_{O.норм}/U_c = P_{ycm}/\cos\varphi/U_{cф} = 1000/0,85/220 = 5,35 \text{ A.} \quad (3)$$

Таким образом, получаем параметр амплитуды трапеции тока $a_m = 5,35 \text{ A}$, а параметр фазы, принятый ранее из рисунка 4, равен $\alpha = \pi/12$.

Следовательно, выражение несинусоидального тока одной лампы ДНаТ-1000 имеет вид:

$$i_l(t) = \frac{4 \cdot 5,35}{\pi^2/12} \left(\sin \frac{\pi}{12} \cdot \sin\omega t + \frac{1}{9} \cdot \sin \frac{3\pi}{12} \cdot \sin 3\omega t + \frac{1}{25} \cdot \sin \frac{5\pi}{12} \cdot \sin 5\omega t + \frac{1}{49} \cdot \sin \frac{7\pi}{12} \cdot \sin 7\omega t + \dots \right).$$

После несложных преобразований получим

$$\begin{aligned} i_l(t) &= 26(0,259\sin\omega t + \frac{0,707}{9} \sin 3\omega t + \frac{0,966}{25} \sin 5\omega t + \frac{0,966}{49} \sin 7\omega t + \frac{0,707}{81} \sin 9\omega t + \\ &+ \frac{0,966}{121} \sin 11\omega t + \frac{0,966}{169} \sin 13\omega t + \frac{0,707}{225} \sin 15\omega t + \frac{0,966}{289} \sin 17\omega t + \frac{0,966}{361} \sin 19\omega t + \dots) = \\ &= 6,7 \sin\omega t + 2 \sin 3\omega t + \sin 5\omega t + 0,5 \sin 7\omega t + 0,23 \sin 9\omega t + 0,21 \sin 11\omega t + 0,15 \sin 13\omega t + \\ &+ 0,08 \sin 15\omega t + 0,09 \sin 17\omega t + 0,06 \sin 19\omega t + \dots \end{aligned}$$

Пренебрегая в выражении слагаемыми второго порядка малости, окончательно находим:

$$i_l(t) = 6,7\sin\omega t + 2\sin 3\omega t + \sin 5\omega t + 0,5\sin 7\omega t + 0,23\sin 9\omega t + 0,21\sin 11\omega t + 0,15\sin 13\omega t, \text{ A.}$$

Далее определим коэффициент несинусоидальности тока в сети, используя формулу [3]:

$$K_{нс} = \frac{\sqrt{I_{3m}^2 + I_{5m}^2 + I_{7m}^2 + I_{9m}^2 + I_{11m}^2 + I_{13m}^2}}{\sqrt{2} \cdot I_{1m} / \sqrt{2}} \cdot 100\%; \quad (4)$$

$$K_{нс} = \frac{\sqrt{2^2 + 1^2 + 0,5^2 + 0,23^2 + 0,21^2 + 0,15^2}}{6,7} \cdot 100\% = 3,4\%, \text{ что больше } K_{нс.дон} = 2\%.$$

Определяем действующее значение симметричной составляющей обратной последовательности, которая складывается из гармоник с номерами $n = 5$ и $n = 11$:

$$I_2 = \sqrt{(I_{5m})^2 / 2 + (I_{11m})^2 / 2} = \sqrt{(1)^2 / 2 + (0,21)^2 / 2} = 0,72 \text{ A.}$$

Тогда коэффициент обратной последовательности тока в сети [3] будет равен

$$K_{н2} = \frac{I_2}{I_1} \cdot 100\% = \frac{0,72}{6,7} \cdot 100\% = 10,7\%, \text{ что также больше } K_{н2.дон} = 5\%.$$

Более точным является метод графического определения гармоник. Суть метода заключается в замене определенного интеграла суммой конечного числа слагаемых. С этой целью период функции $f(t)$, равный 2π , разбивается на n равных частей $\Delta t = 2\pi/n$ и заменяют интеграл суммой. Амплитуда синусной составляющей k гармоники ряда определяется формулой

$$A_k' = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \sin ktdt \approx \frac{2}{n} \sum_{p=1}^n f_p(t) \cdot \sin_p kt. \quad (5)$$

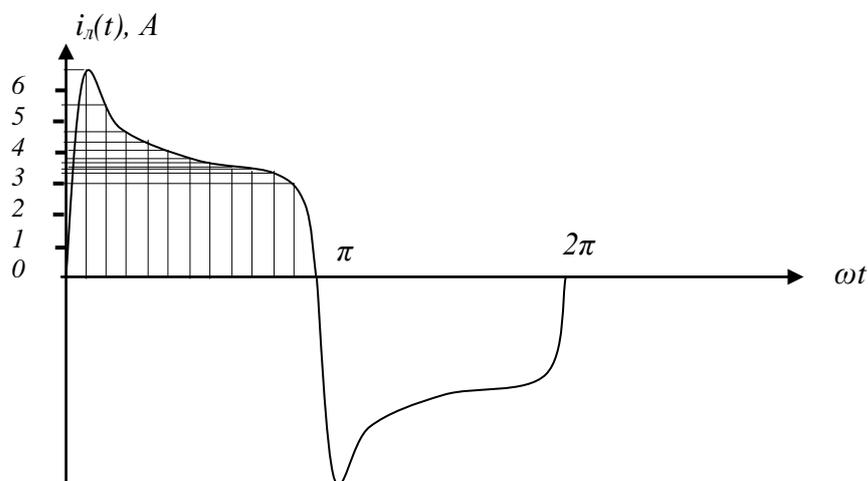


Рисунок 4. Разбиение периода кривой тока $i_n(t)$ на $n = 24$ части

Составим таблицу значений ординат функции $i_n(t)$.

Таблица 1 - Значения ординат функции тока лампы $i_n(t)$ по рисунку 4

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| p | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| $i_p(t)$ | 6,7 | 5,5 | 4,7 | 4,3 | 4 | 3,8 | 3,6 | 3,5 | 3,4 | 3,3 | 3 | 0 |
| p | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| $i_p(t)$ | 6,7 | 5,5 | 4,7 | 4,3 | 4 | 3,8 | 3,6 | 3,5 | 3,4 | 3,3 | 3 | 0 |

Рассчитываем амплитуды составляющих синусных гармоник несинусоидального тока

$$A_1' = \frac{4}{24} (6,7\sin 15^\circ + 5,5\sin 30^\circ + 4,7\sin 45^\circ + 4,3\sin 60^\circ + 4\sin 75^\circ + 3,8\sin 90^\circ + 3,6\sin 105^\circ + 3,5\sin 120^\circ + 3,4\sin 135^\circ + 3,3\sin 150^\circ + 3\sin 165^\circ) = 5,09.$$

$$A_3' = \frac{1}{6} (6,7\sin 45^\circ + 5,5\sin 90^\circ + 4,7\sin 135^\circ + 4,3\sin 180^\circ + 4\sin 225^\circ + 3,8\sin 270^\circ + 3,6\sin 315^\circ + 3,5\sin 360^\circ + 3,4\sin 405^\circ + 3,3\sin 450^\circ + 3\sin 495^\circ) = 2,04.$$

$$A_5' = \frac{1}{6} (6,7\sin 75^\circ + 5,5\sin 150^\circ + 4,7\sin 225^\circ + 4,3\sin 300^\circ + 4\sin 375^\circ + 3,8\sin 450^\circ + 3,6\sin 525^\circ + 3,5\sin 600^\circ + 3,4\sin 675^\circ + 3,3\sin 750^\circ + 3\sin 825^\circ) = 1,18.$$

$$A_7' = \frac{1}{6} (6,7\sin 105^\circ + 5,5\sin 210^\circ + 4,7\sin 315^\circ + 4,3\sin 420^\circ + 4\sin 525^\circ + 3,8\sin 630^\circ + 3,6\sin 735^\circ + 3,5\sin 840^\circ + 3,4\sin 945^\circ + 3,3\sin 1050^\circ + 3\sin 1155^\circ) = 0,69.$$

$$A_9' = \frac{1}{6} (6,7\sin 135^\circ + 5,5\sin 270^\circ + 4,7\sin 405^\circ + 4,3\sin 540^\circ + 4\sin 675^\circ + 3,8\sin 810^\circ + 3,6\sin 945^\circ + 3,5\sin 1080^\circ + 3,4\sin 1215^\circ + 3,3\sin 1350^\circ + 3\sin 1485^\circ) = 0,36.$$

$$A_{11}' = \frac{1}{6} (6,7\sin 165^\circ + 5,5\sin 330^\circ + 4,7\sin 495^\circ + 4,3\sin 660^\circ + 4\sin 825^\circ + 3,8\sin 990^\circ + 3,6\sin 1155^\circ + 3,5\sin 1320^\circ + 3,4\sin 1485^\circ + 3,3\sin 1650^\circ + 3\sin 1815^\circ) = 0,27.$$

$$A_{13}' = \frac{1}{6} (6,7\sin 195^\circ + 5,5\sin 390^\circ + 4,7\sin 585^\circ + 4,3\sin 780^\circ + 4\sin 975^\circ + 3,8\sin 1170^\circ + 3,6\sin 1365^\circ + 3,5\sin 1560^\circ + 3,4\sin 1755^\circ + 3,3\sin 1950^\circ + 3\sin 2145^\circ) = -0,62.$$

Рассчитываем далее амплитуды составляющих косинусных гармоник несинусоидального тока

$$A_1'' = \frac{1}{6} (6,7\cos 15^\circ + 5,5\cos 30^\circ + 4,7\cos 45^\circ + 4,3\cos 60^\circ + 4\cos 75^\circ + 3,8\cos 90^\circ + 3,6\cos 105^\circ + 3,5\cos 120^\circ + 3,4\cos 135^\circ + 3,3\cos 150^\circ + 3\cos 165^\circ) = 1,15.$$

$$A_3'' = \frac{1}{6} (6,7\cos 45^\circ + 5,5\cos 90^\circ + 4,7\cos 135^\circ + 4,3\cos 180^\circ + 4\cos 225^\circ + 3,8\cos 270^\circ + 3,6\cos 315^\circ + 3,5\cos 360^\circ + 3,4\cos 405^\circ + 3,3\cos 450^\circ + 3\cos 495^\circ) = 0,1.$$

$$A_5'' = \frac{1}{6} (6,7\cos 75^\circ + 5,5\cos 150^\circ + 4,7\cos 225^\circ + 4,3\cos 300^\circ + 4\cos 375^\circ + 3,8\cos 450^\circ + 3,6\cos 525^\circ + 3,5\cos 600^\circ + 3,4\cos 675^\circ + 3,3\cos 750^\circ + 3\cos 825^\circ) = -0,18.$$

$$A_7'' = \frac{1}{6} (6,7\cos 105^\circ + 5,5\cos 210^\circ + 4,7\cos 315^\circ + 4,3\cos 420^\circ + 4\cos 525^\circ + 3,8\cos 630^\circ + 3,6\cos 735^\circ + 3,5\cos 840^\circ + 3,4\cos 945^\circ + 3,3\cos 1050^\circ + 3\cos 1155^\circ) = -0,03.$$

$$A_9'' = \frac{1}{6} (6,7\cos 135^\circ + 5,5\cos 270^\circ + 4,7\cos 405^\circ + 4,3\cos 540^\circ + 4\cos 675^\circ + 3,8\cos 810^\circ + 3,6\cos 945^\circ + 3,5\cos 1080^\circ + 3,4\cos 1215^\circ + 3,3\cos 1350^\circ + 3\cos 1485^\circ) = -0,37.$$

$$A_{11}'' = \frac{1}{6} (6,7\cos 165^\circ + 5,5\cos 330^\circ + 4,7\cos 495^\circ + 4,3\cos 660^\circ + 4\cos 825^\circ + 3,8\cos 990^\circ + 3,6\cos 1155^\circ + 3,5\cos 1320^\circ + 3,4\cos 1485^\circ + 3,3\cos 1650^\circ + 3\cos 1815^\circ) = -0,38.$$

$$A_{13}'' = \frac{1}{6} (6,7\cos 195^\circ + 5,5\cos 390^\circ + 4,7\cos 585^\circ + 4,3\cos 780^\circ + 4\cos 975^\circ + 3,8\cos 1170^\circ + 3,6\cos 1365^\circ + 3,5\cos 1560^\circ + 3,4\cos 1755^\circ + 3,3\cos 1950^\circ + 3\cos 2145^\circ) = -0,38.$$

Определяем амплитуды и фазы гармоник тока

$$A_1 = \sqrt{(A_1')^2 + (A_2'')^2} = \sqrt{5,09^2 + 1,15^2} = 5,2.$$

$$\varphi_1 = \arctg(A_1'' / A_1') = \arctg(1,15/5,09) = \arctg(0,226) = 12,73^\circ.$$

$$A_3 = \sqrt{2,04^2 + 0,1^2} = 2,04.$$

$$\varphi_3 = \arctg(0,1/2,04) = \arctg(0,049) = 2,81^\circ.$$

$$A_5 = \sqrt{1,18^2 + 0,18^2} = 1,19.$$

$$\varphi_5 = \arctg(-0,18/1,18) = \arctg(-0,152) = 180^\circ - 8,67^\circ = 171,33^\circ.$$

$$A_7 = \sqrt{0,69^2 + 0,03^2} = 0,69.$$

$$\varphi_7 = \arctg(-0,03/0,69) = \arctg(-0,043) = 180^\circ - 2,49^\circ = 177,51^\circ.$$

$$A_9 = \sqrt{0,36^2 + (-0,37)^2} = 0,51.$$

$$\varphi_9 = \arctg(-0,37/0,36) = \arctg(-1,028) = 180^\circ - 45,78^\circ = 134,22^\circ.$$

$$A_{11} = \sqrt{0,27^2 + (-0,38)^2} = 0,47.$$

$$\varphi_{11} = \arctg(-0,38/0,27) = \arctg(-1,028) = 180^\circ - 54,60^\circ = 125,40^\circ.$$

$$A_{13} = \sqrt{(-0,62)^2 + (-0,38)^2} = 0,73.$$

$$\varphi_{13} = \arctg(-0,38/(-0,62)) = \arctg(0,613) = 31,50^\circ + 180^\circ = 211,50^\circ.$$

Разложение в ряд Фурье по результатам расчетов имеет вид

$$i_{\alpha}(t)' = 5,2\sin(\omega t + 12,73^\circ) + 2,04\sin(3\omega t + 2,81^\circ) + 1,19\sin(5\omega t + 171,33^\circ) + 0,69\sin(7\omega t + 177,51^\circ) + 0,51\sin(9\omega t + 134,22^\circ) + 0,47\sin(11\omega t + 125,40^\circ) + 0,13\sin(13\omega t + 211,50^\circ), A.$$

Находим коэффициент несинусоидальности

$$K_{nc}' = \frac{\sqrt{2,04^2 + 1,19^2 + 0,69^2 + 0,51^2 + 0,47^2 + 0,13^2}}{5,2} \cdot 100\% = 4,9\% > K_{nc.дон} = 2\%.$$

Симметричная составляющая тока обратной последовательности

$$I_2' = \sqrt{(I_{5m})^2 / 2 + (I_{11m})^2 / 2} = \sqrt{(1,19)^2 / 2 + (0,47)^2 / 2} = \sqrt{0,708 + 0,110} = 0,77 A.$$

Коэффициент тока обратной последовательности в сети

$$K_{н2}' = \frac{I_2'}{I_1'} \cdot 100\% = \frac{0,77}{5,2} \cdot 100\% = 14,8\%, \text{ что также больше } K_{н2.дон} = 5\%.$$

Как следует из полученных данных качественные показатели тока в сети питания ламп ДНаТ – 1000 с индуктивным балластом не соответствуют ГОСТ.

Судя по результатам вычислений коэффициент несинусоидальности тока в сети, полученный двумя методами с учетом влияния только одной лампы, ненамного превышает допустимое по стандарту значение. Однако, если принять во внимание, что мощность, потребляемая группой ламп в рабочем режиме, может составлять около 20% номинальной мощности одного силового трансформатора, то в целом обязательно необходимо принимать меры, направленные на улучшение качественных показателей электроэнергии в таких сетях. Иначе неизбежны негативное влияние наличия гармоник тока в сети.

Несимметрия токов, а значит и напряжения на вводах других потребителей существенно (практически в 3 раза) превышает допустимые значения по ГОСТу. В этом случае тем более необходимы мероприятия, направленные на снижение негативного влияния несимметрии на потребителей в сети.

Литература:

1. ГОСТ 13109 – 97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Изд-во стандартов, 2002. 33 с.
2. Электрические сети и системы в примерах и иллюстрациях / под ред. В.А. Строева. М.: Высшая школа, 1999. 352 с.
3. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. М.: Энергоатомиздат, 1986. 143 с.
4. Ториков В.Е., Подобай Н.В. Анализ и перспективы развития экономики Брянской области // Агроконсультант. 2017. № 4. С. 45-48.
5. Соколов Н.А., Ториков В.Е., Михайлов О.М. Методология исследования аграрных проблем региона // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 2. С. 38-43.

СТРУКТУРА КОМБИНИРОВАННЫХ ЗАЩИТНЫХ СРЕДСТВ

БЕЗИК В.А., ЖИРЯКОВ А.В., КУБАТКИНА О.В.

Аннотация: В статье рассмотрены основные принципы построения комбинированных средств защиты электроустановок

Ключевые слова: устройство защиты, устройство защитного отключения, система защит, электрооборудование

STRUCTURE OF THE COMBINED PROTECTIVE EQUIPMENT

BEZIK V. A., ZHIRYAKOV A. V., KUBATKINA O. V.

Abstract: In article the basic principles creation of the combined means protection of electric equipment are considered.

Keywords: protection device, device of protective shutdown, system of protection, electric equipment.

В современных условиях остро стоит задача быстрой и комплексной модернизации производства. Высокая износ существующего оборудования приводит к слишком большим расходам на модернизацию. Также используемые аппараты защиты по различным причинам не могут обеспечить гарантированное срабатывание в ненормальных и аварийных режимах.

Данные соображения доказывают необходимость и экономическую целесообразность разработки и применения комбинированных устройств защиты, которые реагируют на наиболее опасные и частые аварийные режимы с целью сокращения количества оборудования.

Рассмотрим типовую структуру системы защит производственного помещения (рисунок 1а).

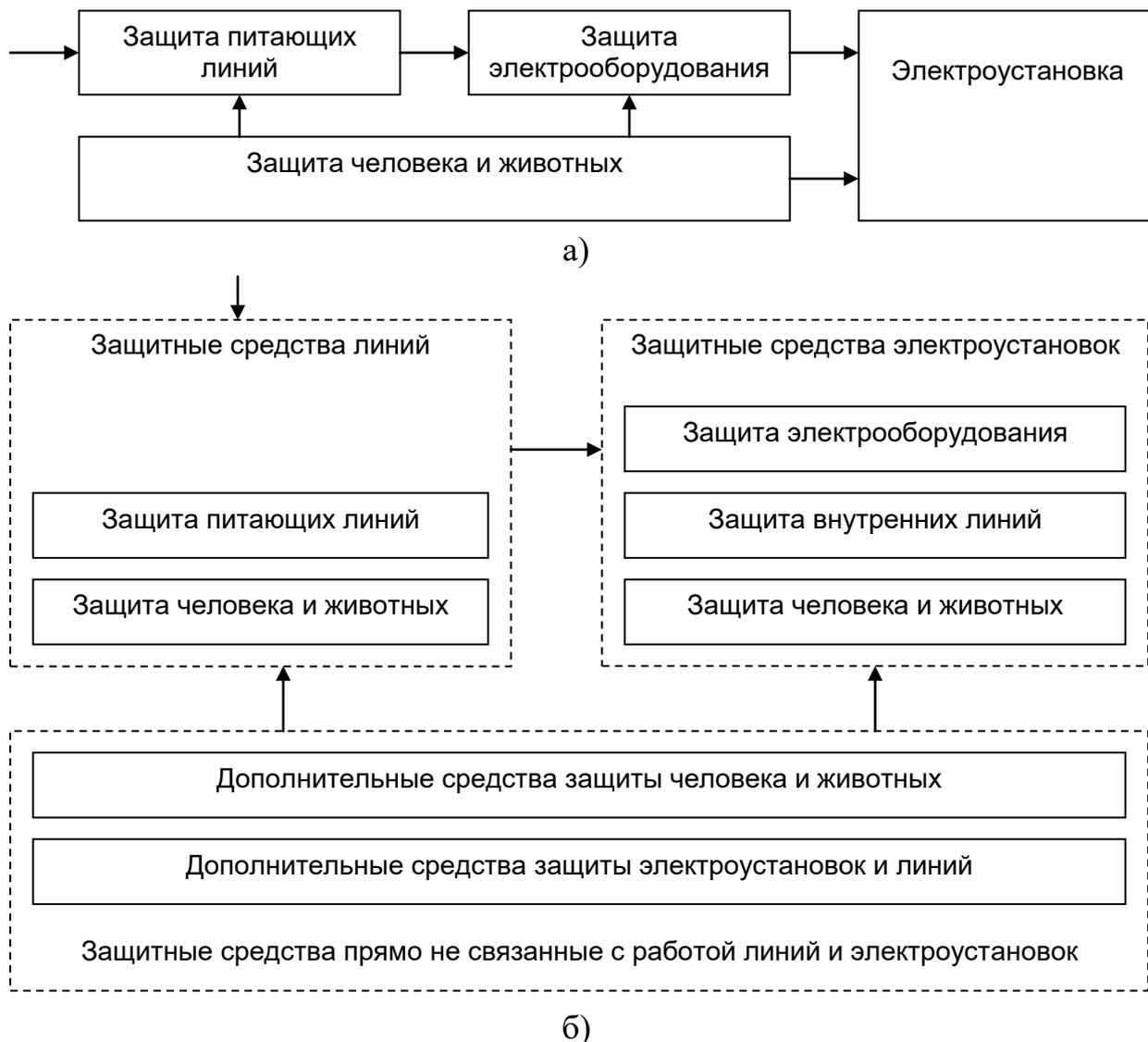


Рисунок 1. Система защит производственного помещения (а) и обобщенная структура защит производственного помещения (б)

Она представляет собой последовательную подчиненную цепь защитных устройств от ввода электроэнергии до выхода к конечному преобразователю энергии. Каждый элемент структуры выполняет свою функцию и отвечает за свой участок цепи или аварийный режим, зона защиты становится уже по мере приближения к преобразователю энергии (нагрузке). Для разделения функций защит выполняются условия селективности.

Ввиду повышенной ответственности защиты человека от поражения электрическим током, этот вид не комбинируют с другими и, часто, дублирует или работает независимо от остальных защит. Можно говорить, что УЗО находится на высшем уровне, работает независимо от остальных защит. Такая структура во главу угла ставит защиту человека и на второе место защиту электрооборудования. Повышенные затраты обоснованы при-

ритетом человеческой жизни.

В обобщенном виде система защит представлена на рисунке 2. Из него видно, что защита человека и животных осуществляется отдельными средствами как в линии, как и в электроустановке. Помимо этого используются дополнительные средства защиты.

Прямо не связанные между собой средства часто являются общими для разных частей системы распределения электроэнергии и электроустановок, поэтому возможность комбинирования их с другими защитами отсутствует.

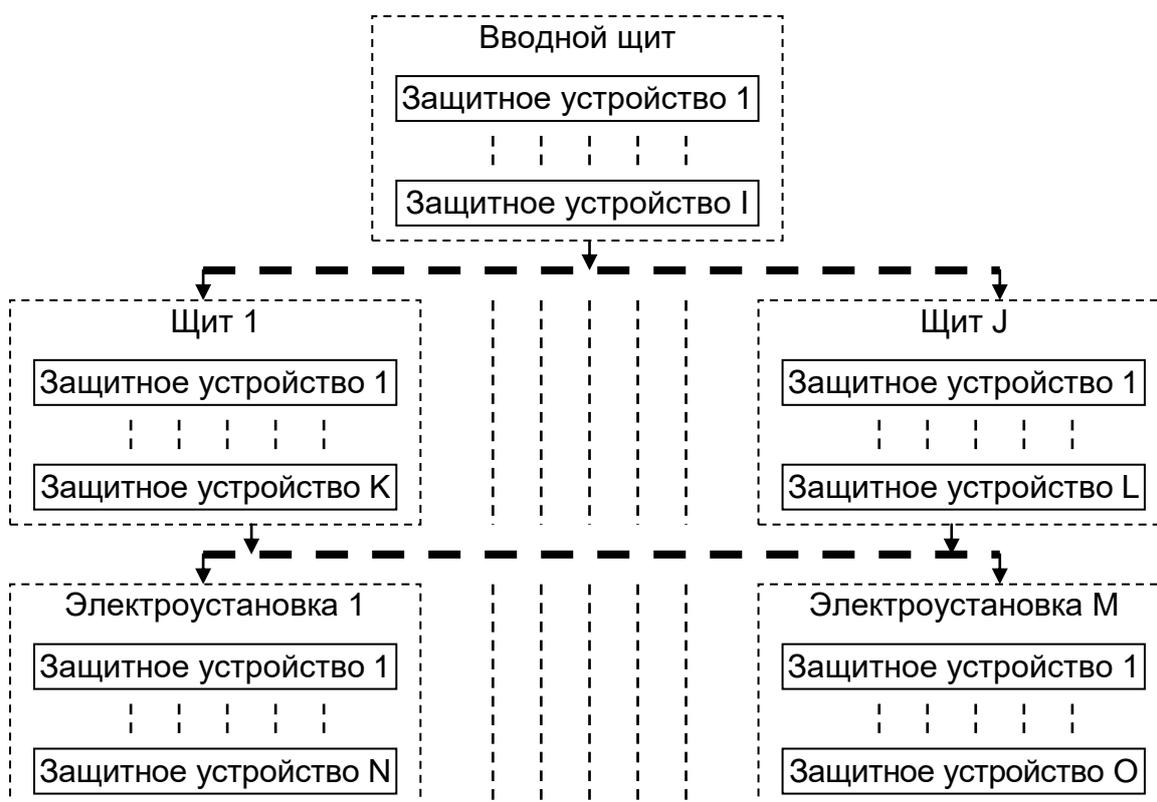


Рисунок 2. Структура защит производственного помещения

Структура защит производственного помещения (рисунок 2) показывает, что в реальных условиях разветвленных линий дублирование функций защит может происходить многократно.

В реальной, достаточно сложной структуре защит обязательно будет происходить дублирование функций. Требования отдельных установок не позволяют использовать унифицированные средства. А массовые комбинированные средства ввиду своей универсальности избыточны и экономически не оправданы.

Объединение защит и применение комбинированных средств может повысить надежность, снизить стоимость защит. Предварительный анализ сети должен выявить возможные аварийные режимы и дублирующие функции. Обычно это защиты одного уровня или сетевые аварийные режимы одновременно влияющие на многих потребителей. Защиту от поражения электрическим током объединять с другими видами обычно не представляется возможным, но УЗО используемое для защиты электрооборудования вполне возможно объединять с другими защитами.

Поэтому целесообразно:

1. Объединение защит разных уровней, если они защищают от сетевых аварий, одновременно действующих на многие электроустановки.
2. Использование комбинированных защитных устройств, совмещающих функции защиты от токов утечки и сетевых аварий.

Может оказаться рациональным более глубокое разделение линий по функциональному признаку. Увеличенное число линий может компенсироваться более простой системой защит.

Обычно система защит представлена последовательным соединением аппаратов защиты, каждый из которых работает независимо от остальных (рисунок 3).

Рисунок показывает пример установки. Два верхних защитных средства – классические устройства защиты от сетевых аварий, нижние – устройства защиты конкретной технологической установки, обычно встраиваемые в ее схему управления. Одно реагирует на возмущения F , другое на выходную величину Y .

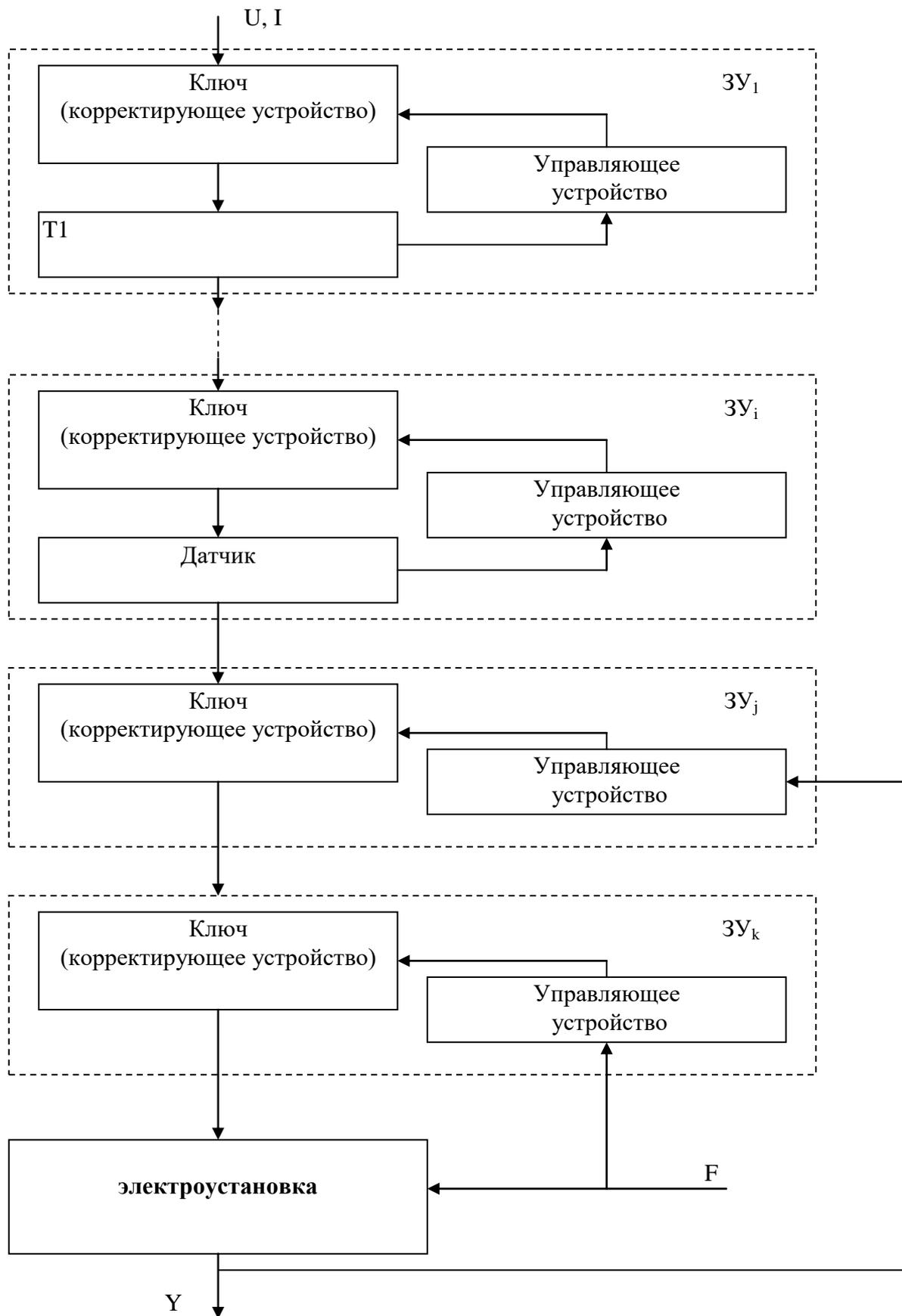


Рисунок 3. Последовательная структура защитных средств

Конструктивно аппараты защиты имеют сходные элементы, поэтому их совмещение может проходить по уровням:

- 1) исполнительного механизма (чаще всего ключа).
- 2) управляющего устройства.
- 3) регистрирующего устройства (датчика).

Каждый способ совмещения имеет свои особенности. Первый наиболее простой и универсальный, совмещение небольшое, но самого дорогостоящего и объемного элемента. Второй способ имеет большую степень совмещения, но меньшие возможности. Третий находит меньшее применение, т.к. позволяет совмещать защиты от близких параметров (например токов перегрузки и короткого замыкания)

Комбинированные защитные средства имеют более сложное устройство, а каналы могут влиять друг на друга. (рисунок 4).

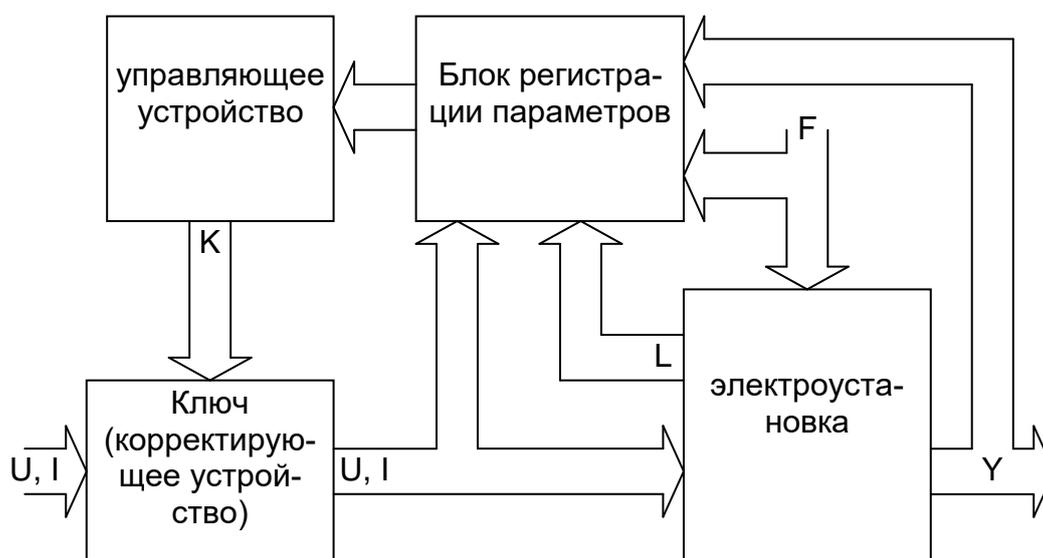


Рисунок 4. Типовая структура комбинированного защитного аппарата с общим ключем

L – внутренние параметры электроустановки; K – управляющее воздействие на ключ.

Взаимное влияние каналов можно уменьшить следующими способами:

- Увеличение чувствительности вблизи порога срабатывания для исключения ложных срабатываний.
- Ограничение степени объединения.
- Последовательное подчиненное срабатывание каналов, что однако один канал делает главным, второй подчиненным.

Отдельным способом является способ коррекции контролируемого параметра. (рисунок 5). Он заключается в изменении контролируемого параметра (тока, напряжения) в соответствии со второй контролируемой величиной, что приведет срабатывание защиты по первому каналу. Такой способ построения позволяет строить комбинированные защитные средства на базе уже существующих, добавлять блоки с нужной функцией. Такая доработки существующих конструкций не требует больших затрат.

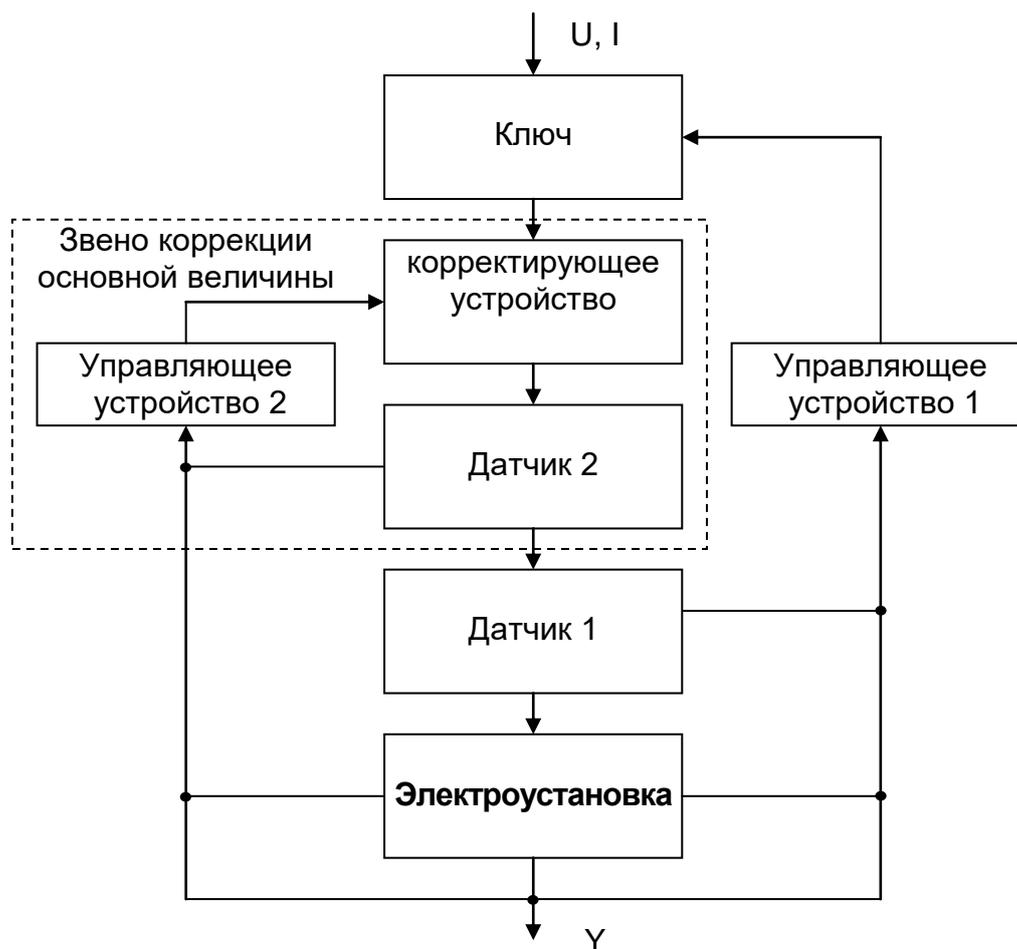


Рисунок 5. Схема комбинированного устройства с коррекцией основной контролируемой величины

Широкие возможности для построения подобных устройств предоставляют устройства защиты от токов утечки.

Основная сложность построения этих устройств – разделение каналов. Также необходимо обеспечить оптимальный алгоритм защиты, т.е. необходимую защитную характеристику.

Предлагаемые решения позволяют во многих случаях отказаться от

дополнительных средств защиты или сократить их количество, приводя к снижению затрат на защитные средства, повышая надежность защиты.

Литература:

1. Маркарянц Л.М. Требования к средствам защиты электроустановок и их обоснование // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. работ. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2005. С. 253-257.

2. Маркарянц Л.М. Повышение безопасности работников, обслуживающих сельские электроустановки, путем совершенствования их средств защиты: дис. ... канд. тех. наук. СПб.: Гос. аграрный университет, 1999. 171 с.

3. Устройство защиты от поражения электрическим током в линии, питающей электродвигатель: пат. 121105 Рос. Федерация / Маркарянц Л.М., Безик В.А., Безик Д.А., Иванюга М.М., Ковалев В.В., Жиряков А.В.; заявл. 10.05.2012.

4. Белоус Н.М., Ториков В.Е. Концепция развития животноводства Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2015. № 3-2. С. 59-63.

5. Концепция "обеспечение устойчивого развития агропромышленного производства в условиях техногенеза" / А.А. Жученко, Л.П. Кормановский, Е.И. Сизенко, И.Г. Ушачев, Л.К. Эрнст, А.В. Шпилько, В.А. Захаренко, В.В. Калашников, Н.В. Краснощеков, Н.Н. Липатов, А.М. Смирнов, В.А. Ключац, И.П. Свинцов, А.А. Завалин, В.В. Субботин, И.В. Савченко, В.В. Вершинин, В.А. Исаев, Н.В. Дворникова, А.А. Курганов и др. М., 2003.

6. Белоус Н.М., Ториков В.Е. Концепция развития животноводства Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2015. № 3-2. С. 59-63.

7. Ториков В.Е., Подобай Н.В. Анализ и перспективы развития экономики Брянской области // Агроконсультант. 2017. № 4 (2017). С. 45-48.

8. Соколов Н.А., Михайлов О.М. Методология исследования аграрных проблем региона // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 2. С. 38-43.

ПОЛИКУЛЬТУРНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА СОВРЕМЕННОГО АГРАРНОГО ВУЗА

ЧЕРНЕНКОВА И.И.

Аннотация: в статье представлен анализ процесса развития и сущности понятия «поликультурная образовательная среда». Приведено обоснование содержания поликультурной компетентности как результата целенаправленного специально организованного образовательного процесса.

Ключевые слова: поликультурность, образовательная среда, поликультурная образовательная среда, поликультурная компетентность

CULTURAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT MODERN AGRARIAN UNIVERSITY

CHERNENKOVA I.I.

Abstract: *the article presents an analysis of the development process and the essence of the concept of “multicultural educational environment”. The substantiation of the content of multicultural competence as a result of a purposeful specially organized educational process is given.*

Keywords: *multicultural, educational environment, multicultural educational environment, multicultural competence.*

Одним из приоритетных направлений современной российской системы высшего образования является повышение конкурентоспособности на международной арене и увеличение экспорта образовательных услуг. Среди показателей внешней оценки эффективности деятельности вуза и критериев при составлении международных рейтингов университетов обозначено наличие обучаемых в вузе иностранных студентов, что стимулирует вузы к развитию этого направления. Следовательно, для обеспечения эффективного межэтнического и межкультурного взаимодействия в вузе, одной из ключевых его задач становится создание комфортной *поликультурной образовательной среды*.

В логике последовательности генезиса термина «*поликультурная об-*

разовательная среда» первостепенное значение отводится понятию «среда». В настоящее время существует множество подходов к определению этого понятия.

Русский толковый словарь трактует среду как социально-экономические, исторически сложившиеся условия жизни общества, окружающие человека социально-бытовые условия, обстановку, а так же совокупность людей, связанных общностью этих условий [1, с.668].

В философском понимании среда трактуется по отношению к субъекту как часть бытия, в которой он существует.

Социологический подход представляет среду: 1) как совокупность явлений, процессов и условий, оказывающих влияние на изучаемый объект; 2) как физическое, интеллектуальное, моральное и социальное окружение, в котором мы живем.

Психологическая трактовка понятия среды.

1) Среда – это окружающее человека социальное пространство (в целом - как макросреда, в конкретном смысле - как непосредственное социальное окружение, как микросреда); зона непосредственной активности индивида, его ближайшего развития и действия [2, С. 133].

2) «среда выступает <...> в смысле развития личности и её специфически человеческих свойств в роли источника развития [3, С. 97].

В педагогической науке сложился ряд мнений относительно понимания категории «среда».

В современном словаре по педагогике среда определяется как совокупность условий, окружающих человека и взаимодействующих с ним как с организмом и личностью [4, С.746].

Однако чаще в педагогических исследованиях используется термин «образовательная среда» (С.Д. Дерябо, Е.А. Климов, Ю. Кулюткин, В.А. Орлов, В.И. Панов, В.В. Рубцов, В.И. Слободчиков, и С. Тарасов, В.А. Ясвин и др.).

Так, по мнению Ю. Кулюткина и С. Тарасова, образовательная среда, прежде всего, есть подсистема социокультурной среды, совокупность исторически сложившихся факторов, обстоятельств, ситуаций. Она может быть охарактеризована и как совокупность социальных, культурных, а также специально организованных в образовательном учреждении психолого-педагогических условий, в результате взаимодействия которых происходит становление личности индивида. [5, С. 6-7].

Г.А. Ковалёв [6, С. 12-23.] к сфере психологического анализа школь-

ной среды (или образовательной среды школы) относит физическое окружение, человеческие факторы и программу обучения. В качестве структурных компонентов образовательной среды В.И. Панов [7, с. 31] выделяет: деятельностный (технологический), коммуникативный и пространственно-предметный.

Образовательная среда, по В.И. Слободчикову, представляет собой динамическое образование, являющееся системным продуктом взаимодействия образовательного пространства, управления образованием, места образования и самого учащегося [8, С. 9].

В.В. Рубцовым образовательная среда понимается как форма сотрудничества, коммуникативного взаимодействия [8, с.87].

В.А. Ясвин образовательную среду рассматривает главным образом как среду информационную и психологическую [9, с.18].

Проведенный теоретический анализ в рамках обозначенного предмета исследования позволил выделить ряд направлений при определении сущности и функциональной значимости среды.

Итак, среда понимается как:

- 1) часть социализации;
- 2) часть воспитательного процесса;
- 3) фактор взаимодействия;
- 4) источник формирования индивида;
- 5) воспитательное пространство;
- 6) совокупность условий.

Современная образовательная среда вуза, отличаясь национальным, этническим, религиозным разнообразием, отражает поликультурное пространство России и мира. Следовательно, необходимо формирование *поликультурной образовательной среды*.

«Поликультурность – это способность образования выразить разнообразие и многообразие культуры, отразить культуру как сложный процесс взаимодействия всех типов локальных культур; способность создать условия для формирования культурной толерантности» [10, с. 21].

Поликультурность образования — это интеграция человека в культуру, бесконфликтная идентификация личности в многокультурном обществе [11, с. 23-26].

Изучению этого вопроса посвящены исследования В.С. Безруковой О.В. Гукаленко, Т.В. Поштаревой, Е.А. Пугачевой и др.

Так В.С. Безрукова отмечает, что «поликультурное образование (гр.

– многокультурное) – это образование, построенное на идеях подготовки подрастающего поколения к жизни в условиях многонациональной и поликультурной среды. Целью такого образования является формирование умения общаться и сотрудничать с людьми разных национальностей, рас, вероисповеданий, воспитание понимания своеобразия других культур, искоренение негативного отношения к ним. Современный человек должен быть толерантным, терпимым, с развитым чувством уважения к людям иной культуры, умеющим жить с ними в мире и согласии, с готовностью к активному взаимодействию [12]. Поликультурное образование, с точки зрения О.В. Гукаленко – это процесс освоения подрастающими поколениями этнической, национальной и мировой культуры в целях обогащения и развития планетарного сознания, формирования готовности и умения жить в многокультурной полиэтнической среде [13, с. 510].

По мнению Е.А. Пугачевой, поликультурное образование определяется как духовно насыщенная атмосфера межличностных контактов, которая обуславливает поведение и мышление включенных в нее субъектов, а так же стимулирует в них потребность приобщения к национальным и общечеловеческим духовным ценностям. В более узком смысле – учреждение с многокультурным дифференцированным по возрасту, национальностям и конфессиям профессорско-преподавательским и студенческим составом, призванным удовлетворить образовательные и социокультурные потребности обучаемых [14, с.5-6].

Т.В. Поштарева рассматривает полиэтническую образовательную среду как часть образовательной среды учебного заведения, представляющую собой совокупность условий, влияющих на формирование личности, готовой к эффективному межэтническому взаимодействию, сохраняющей свою этническую идентичность и стремящейся к пониманию других этнокультур, уважающей иноэтнические общности, умеющей жить в мире и согласии с представителями иных национальностей [15, с.15-25].

Учитывая рассмотренные выше научные исследования, под поликультурной образовательной средой современного вуза мы будем понимать совокупность психолого-педагогических условий целенаправленного специально организованного взаимодействия всех участников образовательного процесса университета, в результате которого формируется поликультурная компетентность, накапливается опыт культуросообразного поведения.

Исходя из вышеизложенного, представляется актуальным формиро-

вание у студентов современного аграрного вуза поликультурной компетентности - личностного качества, включающего систему поликультурных знаний, умений, навыков, поликультурных качеств, интересов, потребностей, мотивов, ценностей, социальных норм и правил поведения, необходимых для взаимодействия с представителями разных культур в повседневной жизни и последующей профессиональной деятельности.

Считаем возможным выделить следующие структурные компоненты поликультурной компетентности:

- когнитивный (знания и теоретические умения, необходимые для эффективной жизнедеятельности в поликультурной среде);

- личностный (освоение гуманистических ценностей, относящихся к жизни в поликультурном обществе, толерантное сознание, определяющее отношение к представителям иных национальных групп, стремление к межкультурному взаимодействию);

- деятельностный (умение эффективно действовать в поликультурной среде, осуществлять активное взаимодействие с представителями различных культур и разрешать межкультурные проблемы) [16, с.158-159].

Формирование всех компонентов поликультурной компетентности осуществляется в рамках учебно-воспитательного процесса и общественной деятельности вуза.

Это нашло следующие практические решения:

- формирование представлений о национально-культурном многообразии мира через общее ознакомление с культурой того или иного народа в рамках учебной дисциплины «Культурология».

- использование дискуссий сопоставительного характера, направленных на преодоление культуроцентризм; метода проблемного изложения в процессе обсуждения глобальные проблемы современности, акцентируя важность межкультурного понимания. Изучение курса «Культурология» с использованием активных методов и форм, приносит неоценимые плоды в процесс поликультурного воспитания студентов-аграриев: происходит приобщение к богатствам национальной и мировой художественной культуры, что способствует формированию поликультурных убеждений студентов, их активной жизненной позиции. Творчество педагога и студента в ситуации заинтересованного познавательного общения, диалога ориентированы на внутренние структуры личности молодого человека с целью ее самосовершенствования [17,18,19,20].

- участие в культурно-массовых мероприятиях, посвященных важ-

ным датам и событиям, где студенты демонстрируют национальные особенности своей родной культуры. Игровая и театрализованная деятельность студентов являются наиболее эффективными формами усвоения этнокультурных норм и ценностей.

Таким образом, поликультурная образовательная среда вуза призвана способствовать усвоению студентами знаний о иных культурах, уяснению особенностей в традициях, образе жизни, культурных ценностях народов, воспитанию молодежи в духе уважения инокультурных систем, формированию уважения и принятия других культурно-этнических общностей.

Литература:

1. Лопатин В.В., Лопатина Л.Е. Русский толковый словарь. - 5-е изд., - М.: Рус. яз., 1998.
2. Черник Б.П. Эффективное участие в образовательных выставках. - Новосибирск, 2001.
3. Выготский Л.С. Педагогическая психология. - М.: Педагогика, 1991.
4. Современный словарь по педагогике /Сост. Рапацевич Е.С. – Мн.: “Современное слово”, 2001.
5. Кулюткин Ю. Н., Тарасов С. В. Образовательная среда и развитие личности // Новые знания. 2001, № 1.
6. Ковалев Г.А. Психическое развитие ребёнка и жизненная среда // Вопросы психологии. – 1993. - № 1.
7. Панов В.И. Психодидактика образовательных систем: теория и практика. - СПб. : Питер, 2007.
8. Рубцов, В. В., Ивошина, Т. Г. Проектирование развивающей образовательной среды школы. — М., Изд-во МГППУ. 2002.
9. Ясвин, В.А. Образовательная среда: от моделирования к проектированию. - 2-е изд., исправл. и дополн. - М.: Смысл, 2001. - 368с.
10. Крылова Н.Б. культурология образования. М.: нар. образование, 2000.
11. Крайнова Е. Е. Поликультурность образования посредством образовательных программ [Текст] // Педагогика: традиции и инновации: материалы VI Междунар. науч. конф. (г. Челябинск, февраль 2015 г.). — Челябинск: Два комсомольца, 2015. — URL <https://moluch.ru/conf/ped/archive/147/7286/> (дата обращения: 11.11.2018).
12. Безрукова В.С. основы духовной культуры : энциклопедический

словарь педагога [Электронный ресурс]. М., 2000. URL : <http://didacts.ru/dictionary/1010/word/polikulturenoe-obrazovanie>.

13. Гукаленко, О.В. Поликультурное образование: теория и практика: [монография] / О.В. Гукаленко ; Рос. акад. образования (Юж. отд-ние) [и др.]. - Ростов н/Д : РГПУ, 2003.

14. Пугачева Е. А. Формирование толерантности студентов в поликультурной среде вуза: авто-реф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01. Н. Новгород, 2008. 27 с.

15. Поштарева Т.В. Образовательные стратегии и подходы в поликультурном, полиэтническом социуме//КНИЛ по проблемам формирования современной личности в поликультурной среде: Сб.матер./Общ.ред. В.Н. Гурова, Л.Н. Харченко – Вып.19 – Ставрополь: СИПКРО, 2005.

16. Черненкова И.И. Поликультурное воспитание студентов аграрного вуза/ И.И. Черненкова // Актуальные вопросы экономики и агробизнеса: сборник статей IX Международной научно-практической конференции. В 4ч. Ч.4. – Брянск: Изд-во Брянский , 2018. – 450 с.

17. Черненкова, И.И. О формировании гуманистических ценностей у студентов аграрного вуза/ И.И. Черненкова // Сб. научных трудов института энергетики и природопользования. – Брянск: Издательство Брянского ГАУ, 2017. – 230 с.

18. Шустов А.Ф. Формирование гуманистического идеала культуры // Проблемы и тенденции развития социокультурного пространства России: история и современность: материалы Международной научно-практической конференции / под ред. Т.И. Рябовой. Брянск, 2015. С. 48-53.

19. Свидерский А.А. Проблема направления экотрансформации современной культур // Вестник Брянской ГСХА. 2015. № 4. С. 14-18.

20. Осадчая О.А. Формирование индивидуального мировоззрения и актуальных технологий социального поведения современного человека // Актуальные вопросы экономики и агробизнеса: материалы VIII Международной научно-практической конференции. Брянск, 2017. С. 126-131.

Научное издание

**ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ,
АВТОМАТИЗАЦИИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ
И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В АПК**

**Сборник материалов
международной научно-технической конференции
(28-29 апреля 2018 г.)**

Научный редактор Кисель Ю.Е.



Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 15.11.2018 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 8,25. Тираж 550 экз. Изд. № 6251.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ