

УДК 620

05.00.00 Технические науки

**ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ
ИССЛЕДОВАНИИ ПЛОТНОСТИ И
ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ (ДНП)
НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Харченко Павел Михайлович
к.т.н., доцент, доцент кафедры
SPIN-код 4075-3151, 1960324@mail.ru

Тимофеев Виталий Павлович
студент

Чижов Даниил Сергеевич
студент

Христиченко Владимир Владимирович
студент
*ФГБОУ ВПО Кубанский государственный
аграрный университет, Краснодар, Россия*

При расчётах использовались следующие допущения: 1. Неисключённые систематические погрешности распределялись равномерно; 2. Случайные погрешности распределялись по нормальному закону; 3. Общая погрешность служила композицией неисключённой систематической и случайной погрешностей. При расчёте погрешности измерения давления исходили из рабочей формулы. Доверительный интервал каждой переменной получался меньше инструментальной погрешности, поэтому для характеристики общей погрешности измеряемой величины P , пользовались инструментальными погрешностями всех переменных. При оценке погрешностей измерения температуры учитывалась систематическая и случайная погрешность. Для оценки случайной погрешности использовались данные по измерению удельных объёмов воды на шести изотермах. Полученные значения сравнивались с литературными данными. В качестве приближенной оценки случайной погрешности наших экспериментальных данных принимали суммарную для всех изотерм удельных объёмов по сравнению с литературными данными. Для исследуемых фракций доверительная граница общей погрешности результата измерений лежала в пределах $0,03 \pm 0,1\%$. При температурах, близких к критическим возрастало влияние погрешностей отнесения и погрешности, связанной с введением поправки на термическое расширение пьезометра. В двухфазной области доверительная граница общей погрешности увеличивалась и лежала в пределах $0,08 \pm 0,15\%$. Это связано с резким возрастанием в этой

UDC 620

Technical sciences

**ESTIMATES OF THE ERROR OF
EXPERIMENTAL DATA AT STUDIES OF
DENSITY AND THE SATURATED VAPOR
PRESSURE (SVP) PETROLEUM PRODUCTS**

Harchenko Pavel Mihailovich
Candidate of Engineering sciences, associate professor
RSCI SPIN-code 4075-3151, 1960324@mail.ru

Timofeev Vitaliy Pavlovich
student

Chizhov Daniil Sergeevich
student

Khristichienko Vladimir Vladimirovich
student
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

At calculations, we have used the next assumptions: 1. Not excluded systematic errors distributed with equal probability; 2. Random errors are normally distributed; 3. Total error is the composition of not excluded systematic and random errors. In calculating of measurement error of pressure, we proceeded from working formula. The confidence interval of each variable less than instrumental error, therefore, to characterize the total error of the measured value P , we use the instrumental errors of all variables. In estimating of temperature measurement error was consider the systematic and random error. To estimate random error we used measurement data of the specific volume of water on six isotherms. Obtained values were compared with published data. As an approximate estimate of the random error of our experimental data, we can take it as a total for all the isotherms of the specific volume in comparison with the published data. For studied fractions confidence limit of total error of measurement results located in the range of $0,03 \pm 0,1\%$. At temperatures close to the critical increasing influence of errors of reference and the error associated with the introduction of corrections on the thermal expansion of the piezometer. In the two-phase area confidence limit of total error increases and located between $0,08 \pm 0,15\%$. This is due to the sharp increase in this area of reference error of pressure and error in determining to the weight of the substance in the piezometer

области погрешности отнесения по давлению и погрешности определения массы вещества в пьезометре

Ключевые слова: РАСЧЁТЫ, ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ, ТЕМПЕРАТУРА, ДАВЛЕНИЕ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ (ДНП), ДОВЕРИТЕЛЬНАЯ ГРАНИЦА.

Keywords: CALCULATIONS, ERROR ESTIMATION, EXPERIMENTAL DATA, TEMPERATURE, SATURATED VAPOR PRESSURE (SVP), CONFIDENCE LIMITS

При оценке погрешности экспериментальных данных нами были использованы рекомендации по обработке результатов измерений [8].

При расчётах использовались следующие допущения:

1. Неисключённые систематические погрешности распределены равновероятно;
2. Случайные погрешности распределены по нормальному закону;
3. Общая погрешность служит композицией неисключённой систематической и случайной погрешностей.

Тогда для вычисления границ неисключённой систематической погрешности результата измерений воспользуемся формулой:

$$\theta = K \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n W_i^2 \cdot \theta_i^2}, \quad (1)$$

где W_i – функция влияния, равная первой производной по A_i расчётной функции, вычисленное при значениях $A_i = (\bar{X})$, где

\bar{X} – среднее арифметическое результатов наблюдений;

K – коэффициент, зависящий от выбранной доверительной вероятности (при $\alpha = 0,95$, $K = 1,1$).

Среднее квадратическое отклонение систематической погрешности можно найти как:

$$S_v = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \sum_{i=1}^n W_i^2 \cdot \theta_i^2} \quad (2)$$

Для учёта случайной погрешности необходимо вычислить оценку среднего квадратического отклонения арифметического значения:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n \cdot (n - 1)}} \quad (3)$$

Граница доверительного интервала случайной погрешности определяется как:

$$\Psi_x = tg \cdot S_{\bar{x}}, \quad (4)$$

где tg – процентная точка распределения Стьюдента, зависящая от величины доверительной вероятности x .

Суммирование систематической и случайной погрешностей проводилась следующим образом – вычислялось среднее квадратическое отклонение суммарной погрешности:

$$S_z = \sqrt{S_{\bar{x}}^2 + S_v^2} \quad (5)$$

Границу суммарной погрешности определяли по формуле:

$$\Delta = t_{\Sigma} \cdot S_{\Sigma} \quad (6)$$

Где коэффициент t_{Σ} равен:

$$t_{\Sigma} = \frac{\theta + \Psi_1}{S_v + S_{\bar{x}}} \quad (7)$$

1. Оценка погрешности измерения давления

При расчёте погрешности измерения давления исходили из рабочей формулы:

$$P_{\text{оп}} = B - 0,0417 \cdot \rho_X^P + 0,981 \cdot P_M,$$

где $P_{\text{оп}}$ – опытное давление (МПа·10⁻¹);

B_p – барометрическое давление (МПа·10⁻¹);

$0,0417\rho_X^P$ – поправка на давление, связанная с разностью уровней жидкости в пьезометре и измерительной колонной манометра (бар);

P_M – манометрическое давление (кгс/см²).

Доверительный интервал каждой переменной получается меньше инструментальной погрешности, поэтому для характеристики общей погрешности измеряемой величины P , воспользуемся инструментальными погрешностями всех переменных:

$$\Delta P = t(\alpha) \cdot \sqrt{\Delta P_M^2 + \Delta P_{\delta}^2 + \Delta P_P^2 + \Delta P_{\bar{z}}^2} \quad (8)$$

где ΔP_M – погрешность измерения грузопоршневым манометром (МО – $\Delta P_M = 0,0016P$; МП6 – $\Delta P_M = 0,0002P$; МП60, МП600 – $\Delta P_M = 0,0005P$).

Погрешность измерения давления ртутным барометром:

$$\Delta P_\delta = 0,0001, P_\delta = 0,1 \cdot 10^{-4} \text{ МПа}$$

Погрешность, вносимая неточностью измерения высот жидкости в системе:

$$\Delta P_{\bar{z}} = 0,0002 \text{ МПа}$$

Чувствительность мембранного разделителя:

$$\Delta P_p = 0,0001 \text{ МПа}$$

Тогда общая погрешность измерения давления:

$$\Delta P = 1,1 \cdot \sqrt{\Delta P_M^2 + 0,00001^2 + 0,0001^2 + 0,0002^2} \quad (9)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{МО и МП6} - \Delta P = 0,00025 \div 0,00036 \text{ МПа} \\ \text{МП60} - \Delta P = 0,0004 \div 0,0033 \text{ МПа} \\ \text{МП600} - \Delta P = 0,0033 \div 0,0320 \text{ МПа} \end{array} \right\}$$

2. Оценка погрешности измерения температуры

При оценке погрешности измерения температуры учитывалась систематическая и случайная погрешность.

Случайная погрешность измерения температуры $\Delta t_{\text{СП}}$ образцовым платиновым термометром сопротивления подробно рассчитана в работах [2]. Систематическая погрешность $\Delta t_{\text{ПТС}}$ и погрешность термостатирования Δt_{T} и определяется из выражения:

$$\Delta t_{\text{СИСТ}} = 1,1 \cdot \sqrt{\Delta t_{\text{ПТС}}^2 + \Delta t_{\text{T}}^2} \quad (10)$$

Авторами [1,8] выполнен расчёт погрешности $\Delta t_{\text{ПТС}}$ для стандартной измерительной схемы при различных температурах. Поскольку в нашей схеме измерения использовалась аналогичная по измерению потенциометрическая установка, то для определения погрешности измерения температуры воспользуемся результатами [5,8]. Данные погрешностей измерения температуры представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – погрешности измерения температуры

Вид погрешности	Погрешность $\Delta t \cdot 10^3, \text{ }^\circ\text{C}$			
	0 $^\circ\text{C}$	100 $^\circ\text{C}$	200 $^\circ\text{C}$	300 $^\circ\text{C}$
$\Delta t_{\text{СП}}$	0,35	0,7	0,7	0,7
$\Delta t_{\text{ПТС}}$	4	13	20	21
Δt	5,52	14,7	22,3	23,3

3. Оценка погрешности измерения удельного объёма

Удельный объём исследуемой жидкости рассчитывался по выражению:

$$G_{t,P} = \frac{V_0 - V_n^K - V_T^K + \Delta V_t + \Delta V_P}{m_0 - m_n^K - m_T^K - \sum_0^n m_i},$$

где V_0 – внутренний объём пьезометра при $P = P_{\text{АТМ}}$, $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

V_n^K – объём капилляров в зоне переменных температур;

V_T^K – объём капилляров в термостатирующей зоне;

ΔV_t – поправка на термическое расширение пьезометра;

ΔV_p – поправка на изотермическое расширение пьезометра;

m_0, m_n^K, m_T^K – массы жидкости в соответствующих объёмах;

$\sum_0^n m_i$ – масса выпущенной из пьезометра жидкости.

Найдём в этой формуле соответствующие коэффициенты влияния каждого члена отдельно для числителя и знаменателя:

$$\Delta V = 1,1 \cdot \sqrt{W_{V_0}^2 \cdot \theta_{V_0}^2 + W_{V_n^K}^2 \cdot \theta_{V_n^K}^2 + W_{V_T^K}^2 \cdot \theta_{V_T^K}^2 + W_{\Delta V_t}^2 \cdot \theta_{\Delta V_t}^2 + W_{\Delta V_p}^2 \cdot \theta_{\Delta V_p}^2}, \quad (11)$$

$$\Delta m = 1,1 \cdot \sqrt{W_{m_0}^2 \cdot \theta_{m_0}^2 + W_{m_n^K}^2 \cdot \theta_{m_n^K}^2 + W_{m_T^K}^2 \cdot \theta_{m_T^K}^2 + W_{\Sigma m_i}^2 \cdot \theta_{\Sigma m_i}^2} \quad (12)$$

Формулы (11) и (12) можно записать в виде:

$$\Delta V = 1,1 \cdot \sqrt{1 \cdot \theta_{V_0}^2 + 1 \cdot \theta_{V_n^K}^2 + 1 \cdot \theta_{V_T^K}^2 + 1 \cdot \theta_{\Delta V_t}^2 + 1 \cdot \theta_{\Delta V_p}^2}, \quad (13)$$

$$\Delta m = 1,1 \cdot \sqrt{1 \cdot \theta_{m_0}^2 + 1 \cdot \theta_{m_n^K}^2 + 1 \cdot \theta_{m_T^K}^2 + 1 \cdot \theta_{\Sigma m_i}^2} \quad (14)$$

Доверительная граница систематической погрешности измерения удельного объёма может быть вычислена по формуле:

$$\frac{\theta}{v} = 1,1 \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{\partial v}{\partial V}\right)^2 \cdot \Delta V^2}{v^2} + \frac{\left(\frac{\partial v}{\partial m}\right)^2 \cdot \Delta m^2}{v^2} + \frac{\left(\frac{\partial v}{\partial P}\right)^2 \cdot \Delta P^2}{v^2} + \frac{\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)^2 \cdot \Delta T^2}{v^2}} \quad (15)$$

Для оценки случайной погрешности использовались данные по измерению удельных объемов воды на шести изотермах. Полученные значения сравнивались с литературными данными [7]. В качестве приближенной оценки случайной погрешности наших экспериментальных данных можно принять суммарную для всех изотерм оценку среднеквадратического отклонения измеренных удельных объемов по сравнению с литературными данными:

$$\frac{S_{\bar{x}}}{v} = 0,018\%$$

В качестве примера приведём оценку погрешности измерения удельного объёма для фракции НК-180с мангышлакской нефти при следующих параметрах:

$$t = 200 \text{ }^\circ\text{C}, P = 2 \text{ МПа}$$

Систематическая погрешность определения объёма пьезометра и капилляров равны соответственно:

$$\theta_{V_0} = 0,011 \text{ см}^3; \theta_{V_n^k} = 0,002 \text{ см}^3; \theta_{V_T^k} = 0,008 \text{ см}^3$$

Поправка на изотермическое расширение пьезометра при $P = 2 \text{ МПа}$ составляет $0,006 \text{ см}^3$ и вносится с погрешностью 1% (погрешность данных по d и E для стали X18H10T):

$$\theta_{\Delta V_P} = 0,00006 \text{ см}^3$$

Погрешность внесения поправки на термическое расширение пьезометра можно найти из приближенной зависимости:

$$\theta = 2 \cdot S_{\Delta V} \quad (16)$$

где $S_{\Delta V}$ – оценка среднеквадратического отклонения экспериментальных значений ΔV от аппроксимирующей кривой.

Для диапазона температур 20ч300 °С:

$$\theta = 2,8 \%$$

Поправка на термическое расширение пьезометра при 200 °С составляет 1,195 см³, тогда:

$$\theta_{V_t} = 0,039 \text{ см}^3$$

Систематические погрешности определения массы исследуемого вещества в пьезометре и капиллярах совпадают с погрешностью определения соответствующих объёмов.

При оценке погрешности массы жидкости, слитой из пьезометра, учитывались требования ГОСТ 19491-74, погрешность от неравновесности весов, погрешность массы гирь.

Потери за счёт испарения лежали в пределах 0,004 – 0,006 г за время измерения на изотерме, которое составляло 14 – 16 часов.

В качестве абсолютной погрешности определения массы испарившейся жидкости принята удвоенная вариация весов АДВ-200 – 0,0002 г. Поправка распределялась пропорционально времени от первого слива до последней точки на данной изотерме.

Доверительная граница систематической погрешности измерения массы жидкости при сливе составляла:

$$\theta_{\bar{z}_{m_i}} = 0,001 \text{ г}$$

Подставив полученные значения в формулы (13) и (19) получим:

$$\Delta V = 0,066 \text{ см}^3 ; \Delta m = 0,015 \text{ см}^3$$

Относительная систематическая погрешность определения объёма составляет:

$$\frac{\left(\frac{\partial v}{\partial V}\right) \cdot \Delta V}{v} = 0,19 \cdot 10^{-3}$$

На изотерме 200 °С при $P = 2 \text{ МПа}$ в пьезометре оставалось 60,2 г вещества, тогда:

$$\frac{\left(\frac{\partial v}{\partial m}\right) \cdot \Delta m}{v} = 0,79 \cdot 10^{-4}$$

Ошибки отнесения определялись с использованием крупномасштабных графиков изотерм и изобар:

$$\frac{1}{v} \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial P}\right)_T \cdot \Delta P \approx \frac{1}{v} \cdot \frac{v - v_1}{P - P_1} \cdot \Delta P = 0,19 \cdot 10^{-5},$$

$$\frac{1}{v} \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P \cdot \Delta T \approx \frac{1}{v} \cdot \frac{v - v_1}{T - T_1} \cdot \Delta T = 0,41 \cdot 10^{-4}.$$

Систематическая погрешность определения удельных объёмов вещества при параметрах заполнения определялась погрешностью

определения удельных объёмов на установке по методу гидростатического взвешивания и принималась по [3]:

$$\frac{\Delta v}{v} = 0,17 \cdot 10^{-3}$$

Подставив полученные значения в формулу (15), получим:

$$\frac{\theta_v}{v} = 0,029\%$$

Определим границу доверительного интервала случайной погрешности по формуле (4). При $\beta = 0,95$ и числе степеней свободы $K = 10$ процентная точка распределения Стьюдента $t_{\beta} = 2,23$, откуда $\Pi = 0,04\%$.

Среднеквадратическое отклонение систематической погрешности определим по (2):

$$\frac{S_v}{v} = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot 0,69 \cdot 10^{-3}} = 0,015\%$$

Тогда среднеквадратическое отклонение суммарной погрешности

$$\frac{S_{\Sigma}}{v} = \sqrt{0,018^2 + 0,015^2} = 0,023\%$$

Значение t_{γ} определим из выражения (7):

$$t_{\Sigma} = \frac{0,029 + 0,04}{0,018 + 0,015} = 2,09$$

Тогда доверительная граница общей погрешности результата измерений определяется:

$$\Delta = 0,023 \cdot 2,09 = 0,048\%$$

Аналогичные расчёты были проведены для других областей параметров состояния. Для исследуемых фракций доверительная граница общей погрешности результата измерений лежит в пределах 0,03ч0,1%. При температурах, близких к критическим возрастает влияние погрешностей отнесения и погрешности, связанной с введением поправки на термическое расширение пьезометра.

В двухфазной области доверительная граница общей погрешности увеличивается и лежит в пределах 0,08ч0,15%. Это связано с резким возрастанием в этой области погрешности отнесения по давлению и погрешности определения массы вещества в пьезометре.

Список литературы

1. Харченко П. М. Планирование эксперимента и методические опыты на установке по исследованию плотности и давления насыщенных паров (ДНП) нейтепродуктов/ П. М. Харченко, В. П. Тимофеев, Д. С. Чижов, А. А. Лазарева//Научный журнал КубГАУ. Краснодар. 2015. №107(03).
2. Харченко П. М. Конструкция экспериментальной установки для исследования плотности и давления насыщенных паров (ДНП) нефтепродуктов/ П. М. Харченко, В. П. Тимофеев, Д. С. Чижов, А. А. Лазарева //Научный журнал КубГАУ. Краснодар. 2015. №107(03).
3. Харченко П. М. Методы исследования давления насыщенных паров и экспериментальные установки/ П. М. Харченко, В. П. Тимофеев, Д. С. Чижов//Научный журнал КубГАУ. Краснодар. 2015. №106(02).
4. Харченко П. М. Определение критических параметров нефтяных фракций/ П. М. Харченко, В. П. Тимофеев//Научный журнал КубГАУ. Краснодар. 2014. №103(09).

5. Харченко П. М. Обобщение экспериментальных исследований бензиновых нефтяных фракций/ П. М. Харченко, В. П. Тимофеев//Научный журнал КубГАУ. Краснодар. 2014. №99(05).

6. Харченко П. М. Результаты экспериментальных исследований бензиновых нефтяных фракций/ П. М. Харченко, В. П. Тимофеев//Научный журнал КубГАУ. Краснодар. 2014. №98(04).

7. Харченко П. М. Исследование плотности и давления насыщенных пород нефтяных фракций/ П. М. Харченко, В. П. Тимофеев// Труды КубГАУ. – Краснодар. 2012. Т1. №39. С. 140...142.

8. Харченко П. М. Экспериментальное исследование плотности и давления насыщенных паров нефтепродуктов: дис. ... к.т.н./П.М. Харченко; НИ им.Азизбекова А.Н. Баку, 1988. С.118.

9. Харченко П. М. Экспериментальная установка и методики исследования плотности и ДНП агропромышленных сточных вод/ П. М. Харченко, В. В. Христиченко, Н. А. Блощинский// Труды КубГАУ. Краснодар. 2012. Т1. №37. С. 238...242.

10. Пат. 2297459 Российская Федерация, МПК C21D6/04. Способ термической обработки деталей машин/ И. А. Потапенко, П. М. Харченко. - №2005131682/02; заявл. 12.10.2005; опубл. 20.04.2007, бюл. №11.

11. Пат. 2181103 Российская Федерация, МПК C01B13/11. Термоадаптивный блок озонатор/ В. К. Андрейчук, П. М. Харченко. №99121820/12; заявл. 19.10.1999; опубл. 10.04.2002, бюл. №10.

12. Пат. 2299356 Российская Федерация, МПК F03D7/04. Ветроэнергетическая установка/ С. В. Оськин, Д. П. Харченко, П. М. Харченко. №2006105560/06; заявл. 22.02.2006; опубл. 20.05.2007, бюл. №14.

13. Харченко П. М. Вентиляция производственных и коммунально-бытовых зданий/ П. М. Харченко, В. В. Христиченко, А. А. Тимофеюк// Труды КубГАУ. Краснодар. 2012. Т1. №37. С. 271...275.

14. Харченко П. М. Расчёт вентиляции и отопления производственного здания/ П. М. Харченко, В. П. Тимофеев// Труды КубГАУ. Краснодар. 2013. Т1. №42. С. 152...155.

15. Амерханов Р.А. Развитие энергообеспечения АПК Краснодарского края/ Р. А. Амерханов, А. В. Богдан, И. А. Потапенко, П. М. Харченко, К. А. Гарькавый, Е. А. Ададунов, А. И. Чернышев, С. И. Бегдай, В. Г. Крыжановский// Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2004. №11. С. 4.

Spisok literatury

1. Harchenko P. M. Planirovanie eksperimenta I metodicheskie opiti na ustanovke po issledovaniyu plotnosti i davleniya nasischennih parov (DNP) nefteproduktov/ P. M. Harchenko, V. P. Timofeev, D. S. Chizhov, A. A. Lazareva//Nauchny zhurnal KubGAU. Krasnodar. 2015. №107(03).

2. Harchenko P. M. Konstrukciya eksperimentalnoy ustanovki dlya issledovaniya plotnosti i davleniya nasischennih parov (DNP) nefteproduktov/ P. M. Harchenko, V. P. Timofeev, D. S. Chizhov, A. A. Lazareva//Nauchny zhurnal KubGAU. Krasnodar. 2015. №107(03).

3. Harchenko P. M. Metodi issledovaniya davleniya nasischennih parov I eksperimentalnie ustanovki/ P. M. Harchenko, V. P. Timofeev, D. S. Chizhov//Nauchny zhurnal KubGAU. Krasnodar. 2015. №106(02).

4. Harchenko P. M. Opredelenie kriticheskikh parametrov neftyanih frakciy/ P. M. Harchenko, V. P. Timofeev//Nauchniy zhurnal KubGAU. Krasnodar. 2014. №103(09).

5. Harchenko P. M. Obobshchenie eksperimentalnih issledovaniy benzinovih i neftyanih frakciy/ P. M. Harchenko, V. P. Timofeev//Nauchniy zhurnal KubGAU. Krasnodar. 2014. №99(05).

6. Harchenko P. M. Rezultati eksperimentalnih issledovaniy benzinovih i neftyanih frakciy/ P. M. Harchenko, V. P. Timofeev//Nauchniy zhurnal KubGAU. Krasnodar. 2014. №98(04).

7. Harchenko P. M. Issledovanie plotnosti i davleniya nasischennih porod neftyanih frakciy/ P. M. Harchenko, V. P. Timofeev// Trudi KubGAU. Krasnodar. 2012. T1. №39. S. 140...142.

8. Harchenko P. M. Eksperimentalnoe issledovanie plotnosti i davleniya nasischennih parov nefteproduktov: dis. ... k.t.n./ P.M.Harchenko; NI im.Azizbekova A.N. Baku, 1988. S.88.

9. Harchenko P. M. Eksperimentalnaya ustanovka i metodiki issledovaniya plotnosti i DNP agropromishlennih stochnih vod/ P. M. Harchenko, N. A. Bloschinskiy// Trudi KubGAU. Krasnodar. 2012. T1. №37. S. 238...242.

10. Pat. 2297459 Rossiiskaya Federaciya, MPK C21D6/04. Sposob termicheskoy obrabotki detaley mashin/ I. A. Potapenko, P. M. Harchenko. №2005131682/02; zayavl. 12.10.2005; opubl. 20.04.2007, bul. №11.

11. Pat. 2181103 Rossiiskaya Federaciya, MPK C01B13/11. Termoadaptivniy blok ozonatora/ V. K. Andreychuk, P. M. Harchenko. №99121820/12; zayavl. 19.10.1999; opubl. 10.04.2002, bul. №10.

12. Pat. 2299356 Rossiiskaya Federaciya, MPK F03D7/04. Vetroenergeticheskaya ustanovka/ S. V. Oskin, D. P. Harchenko, P. M. Harchenko. №2006105560/06; zayavl. 22.02.2006; opubl. 20.05.2007, bul. №14.

13. Harchenko P. M. Ventilyaciya proizvodstvennih i kommunalno-bitovih zdaniy/ P. M. Harchenko, V. V. Hristichenko, A. A. Timofeyuk// Trudi KubGAU. Krasnodar. 2012. T1. №37. S. 271...275.

14. Harchenko P. M. Raschet ventilyacii i otopleniya proizvodstvennogo zdaniya/ P. M. Harchenko, V. P. Timofeev// Trudi KubGAU. Krasnodar. 2013. T1. №42. S. 152...155.

15. Amerhanov R. A. Razvitie energoobespecheniya APK Krasnodarskogo kraya/ R. A. Amerhanov, A. V. Bogdan, I. A. Potapenko, P. M. Harchenko, K. A. Garkaviy, E. A. Adadurov, A. I. Chernishev, S. I. Begday, V. G. Krizhanovskiy// Mehanizaciya i elektrifikaciya selskogo hoziaystva. 2004. №11. S. 4.