

ISSN 2518-1483 (Online),  
ISSN 2224-5227 (Print)

2016 • 5

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ  
**БАЯНДАМАЛАРЫ**

**ДОКЛАДЫ**

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**REPORTS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН  
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.  
PUBLISHED SINCE 1944



Бас редакторы  
х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алқасы:

**Адекенов С.М.** проф., академик (Қазақстан) (бас ред. орынбасары)  
**Боос Э.Г.** проф., академик (Қазақстан)  
**Величкин В.И.** проф., корр.-мүшесі (Ресей)  
**Вольдемар Вуйцик** проф. (Польша)  
**Гончарук В.В.** проф., академик (Украина)  
**Гордиенко А.И.** проф., академик (Белорус)  
**Дука Г.** проф., академик (Молдова)  
**Илолов М.И.** проф., академик (Тәжікстан),  
**Леска Богуслава** проф. (Польша),  
**Локшин В.Н.** проф. чл.-корр. (Қазақстан)  
**Нараев В.Н.** проф. (Ресей)  
**Неклюдов И.М.** проф., академик (Украина)  
**Нур Изура Удзир** проф. (Малайзия)  
**Перни Стефано** проф. (Ұлыбритания)  
**Потапов В.А.** проф. (Украина)  
**Прокопович Полина** проф. (Ұлыбритания)  
**Омбаев А.М.** проф. (Қазақстан)  
**Өтелбаев М.О.** проф., академик (Қазақстан)  
**Садыбеков М.А.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Сатаев М.И.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Северский И.В.** проф., академик (Қазақстан)  
**Сикорски Марек** проф., (Польша)  
**Рамазанов Т.С.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Такибаев Н.Ж.** проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары  
**Харин С.Н.** проф., академик (Қазақстан)  
**Чечин Л.М.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Харун Парлар** проф. (Германия)  
**Энджун Гао** проф. (Қытай)  
**Эркебаев А.Э.** проф., академик (Қырғыстан)

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.)  
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 01.06.2006 ж.  
берілген №5540-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 2000 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
<http://наука-нанрк.kz>, reports-science.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2016

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор  
д.х.н., проф., академик НАН РК **М. Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

**Адекенов С.М.** проф., академик (Казахстан) (зам. гл. ред.)  
**Боос Э.Г.** проф., академик (Казахстан)  
**Величкин В.И.** проф., чл.-корр. (Россия)  
**Вольдемар Вуйцик** проф. (Польша)  
**Гончарук В.В.** проф., академик (Украина)  
**Гордиенко А.И.** проф., академик (Беларусь)  
**Дука Г.** проф., академик (Молдова)  
**Илолов М.И.** проф., академик (Таджикистан),  
**Леска Богуслава** проф. (Польша),  
**Локшин В.Н.** проф. чл.-корр. (Казахстан)  
**Нараев В.Н.** проф. (Россия)  
**Неклюдов И.М.** проф., академик (Украина)  
**Нур Изура Удзир** проф. (Малайзия)  
**Перни Стефано** проф. (Великобритания)  
**Потапов В.А.** проф. (Украина)  
**Прокопович Полина** проф. (Великобритания)  
**Омбаев А.М.** проф. (Казахстан)  
**Отелбаев М.О.** проф., академик (Казахстан)  
**Садыбеков М.А.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Сатаев М.И.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Северский И.В.** проф., академик (Казахстан)  
**Сикорски Марек** проф., (Польша)  
**Рамазанов Т.С.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Такибаев Н.Ж.** проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.  
**Харин С.Н.** проф., академик (Казахстан)  
**Чечин Л.М.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Харун Парлар** проф. (Германия)  
**Энджун Гао** проф. (Китай)  
**Эркебаев А.Э.** проф., академик (Кыргызстан)

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz> [reports-science.kz](http://reports-science.kz)

---

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016 г.

Адрес типографии: ИП «Аруна», г.Алматы, ул.Муратбаева, 75

**E d i t o r i n c h i e f**doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK **M.Zh. Zhurinov****E d i t o r i a l b o a r d :****Adekenov S.M.** prof., academician (Kazakhstan) (deputy editor in chief)**Boos E.G.** prof., academician (Kazakhstan)**Velichkin V.I.** prof., corr. member (Russia)**Voitsik Valdemar** prof. (Poland)**Goncharuk V.V.** prof., academician (Ukraine)**Gordiyenko A.I.** prof., academician (Belarus)**Duka G.** prof., academician (Moldova)**Ilov M.I.** prof., academician (Tadjikistan),**Leska Boguslava** prof. (Poland),**Lokshin V.N.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Narayev V.N.** prof. (Russia)**Nekludov I.M.** prof., academician (Ukraine)**Nur Izura Udzir** prof. (Malaysia)**Perni Stephano** prof. (Great Britain)**Potapov V.A.** prof. (Ukraine)**Prokopovich Polina** prof. (Great Britain)**Ombayev A.M.** prof. (Kazakhstan)**Otelbayv M.O.** prof., academician (Kazakhstan)**Sadybekov M.A.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Satayev M.I.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Severskyi I.V.** prof., academician (Kazakhstan)**Sikorski Marek** prof., (Poland)**Ramazanov T.S.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Takibayev N.Zh.** prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief**Kharin S.N.** prof., academician (Kazakhstan)**Chechin L.M.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Kharun Parlar** prof. (Germany)**Endzhun Gao** prof. (China)**Erkebayev A.Ye.** prof., academician (Kyrgyzstan)**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.****ISSN 2224-5227****ISSN 2518-1483 (Online),****ISSN 2224-5227 (Print)**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/> [reports-science.kz](http://reports-science.kz)

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 173 – 179

УДК 537.523.3:541.13

**Sh.A. Bahtaev, G.V. Bochkareva, G.D. Musapirova, F.R. Avhadieva**Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty  
[mgulz1@yandex.ru](mailto:mgulz1@yandex.ru)**METHOD FOR DETERMINING THE RADIUS OF CURVATURE  
OF THE DISCHARGE ELECTRODES SURFACE**

**Abstract.** The design of determining the radius of curvature of the discharge electrode surface method is based on the results of researches of the high-frequency (HF) conductivity of the plasma sheath of corona discharge, when the discharge gap is provided a large DC voltage and a small HF AC voltage simultaneously. Method determining the radius of curvature of the corona electrode has been discovered, and it is actualized by providing extra high-voltage between electrodes, with amplitude less than DC high-voltage, and by regulating its frequency resonant oscillation process mode is plasma sheath of corona discharge. Having equal value if HF conductivity of discharge gap and corona discharge or without it, the radius of curvature of the discharge electrode surface is determined by calibration curve of equivalent radiuses, received from the values of resonance frequencies.

**Keywords:** corona discharge, radius of curvature, RF conductivity, microelectrodes, crown cover, electronic component.

**Ш.А. Бахтаев, Г.В. Бочкарева, Г.Д. Мусапирова, Ф.Р. Авхадиева**

Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы

**СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИУСА КРИВИЗНЫ  
ПОВЕРХНОСТИ КОРОНИРУЮЩЕГО ЭЛЕКТРОДА**

**Аннотация.** В основу разработки способа определения радиуса кривизны поверхности коронирующего электрода положены результаты исследований высокочастотной (ВЧ) проводимости плазмы чехла коронного разряда. Когда на разрядный промежуток подаются одновременно большое постоянное напряжение и малое ВЧ переменное напряжение. Разработан способ определения радиуса кривизны поверхности коронирующего электрода, который осуществляется путем подачи между электродами дополнительного высоковольтного напряжения с амплитудой, меньшей величины высоковольтного постоянного напряжения и регулируя его частоту, создают в плазме чехла коронного разряда режим резонансного колебательного процесса. Затем при равенстве значений высокочастотных проводимостей разрядного промежутка с коронным разрядом и без него определяют радиус кривизны поверхности коронирующего электрода по градуировочной кривой эквивалентных радиусов, полученной в зависимости от значений резонансных частот.

**Ключевые слова:** коронный разряд, радиус кривизны, ВЧ-проводимость, микроэлектроды, чехол короны, электронная составляющая.

Решение задачи по определению радиуса кривизны коронирующей поверхности произвольной формы является чрезвычайно сложным и поэтому разрабатываются приближенные и полуэмпирические методы определения начальных напряженностей поля для электродов различной геометрии [1].

Одним из возможных подходов к исследованию коронного разряда является изучение особенностей его характеристик при приложении к разрядному промежутку одновременно постоянного, и малого по величине высокочастотного (ВЧ) переменного напряжения. Зондирование этого промежутка переменным напряжением высокой частоты с малой амплитудой

позволяет исследовать динамические характеристики коронирующего промежутка и, в частности, определить зависимости ВЧ-проводимости коронного разряда от частоты переменного напряжения. Этим методом удалось установить области частот аномальной проводимости короны, тесно связанных с основными физическими параметрами зоны коронирующего слоя (чехла короны) [2].

В нашем случае главным является создание резонансных колебательных процессов в плазме чехла коронного разряда путем регулирования частоты высокочастотного напряжения и определения значения резонансной частоты, зависящей от радиуса кривизны коронирующей поверхности, причем измерение резонансной частоты производится при соблюдении равенства высокочастотных проводимостей разрядного промежутка при присутствии  $q_d$  и при отсутствии  $q_e$  коронного разряда. При подаче между электродами дополнительного высокочастотного напряжения с амплитудой, меньшей величины высоковольтного постоянного напряжения и регулируемой частотой, создают в плазме чехла коронного разряда режим резонансного колебательного процесса. Затем при равенстве значений высокочастотных проводимостей разрядного промежутка с коронным разрядом и без него определяют радиус кривизны поверхности коронирующего электрода по градуировочной кривой эквивалентных радиусов, полученных в зависимости от значений резонансных частот.

Прежде чем приступить к рассмотрению способа определения радиуса кривизны коронирующей поверхности произвольной формы, чтобы установить корректность применения его для решения данной задачи необходимо проверить его для электродов с простой геометрической формой, например, соосные цилиндры.

Для сравнения измеренных значений толщины ( $L_e$ ) чехла короны по данному способу может служить, в первом приближении, значение толщины коронирующего слоя, определяемого по формуле Пика [3]. В нормальных атмосферных условиях ( $\delta=1$ ) она показывает, что при зажигании коронного разряда напряженность электрического поля на расстоянии  $\Delta=0,308\sqrt{r_0}$  (см) от коронирующего электрода остается постоянной для любых  $r_0$  и равный 31 кВ/см. Пренебрегая влиянием объемного заряда в коронирующем слое ( $E_0r_0=Er$ ), действительно получим:

$$\Delta = \frac{E_0 r_0}{E} - r_0 = \frac{E \left(1 + \frac{0,308^2}{\sqrt{r_0}}\right) r_0}{E} - r_0 = 0,3\sqrt{r_0}, \quad (1)$$

что указывает на не зависимость толщины слоя от силы тока разряда. По-видимому, формула (1) справедлива только в том случае, когда выполняется условие  $E_0r_0=Er$ .

Для нас наибольший интерес представляет область частот когда  $q_d=q_e$ , что, в первую очередь, связано с электронной составляющей тока в чехле коронного разряда. В этом случае как бы наступает резонанс плазмы в чехле короны, т.е. сопротивление зоны чехла короны к переменному напряжению становится минимальным (резонанс напряжения), и значение  $q_d$  сравнится с  $q_e$ . Установлено, что частота  $f_0$ , при которой  $q_d-q_e=0$ , очень чувствительна к изменениям радиуса кривизны коронирующей поверхности и току коронного разряда. Это означает, что  $f_0$ , в первую очередь, будет зависеть от скорости дрейфа электронов, их плотности и изменения длины свободного пробега электронов в коронирующем слое разрядного промежутка.

При сравнимых временах пробега электронов и полупериода зондирующего напряжения наблюдается уже снижение  $q_d$  до отрицательных значений. Для расчета времен пробега в первом приближении могут быть взяты расстояния  $0,3\sqrt{r_0}$ . Но при наложении переменного напряжения из-за колебательного движения электронов внешняя граница коронирующего слоя может быть сдвинута дальше от проволоки. Поэтому более справедливо определять сдвиг кажущейся границы, исходя из значений полупериодов переменного напряжения  $E_{\sim}$ .

Распределение напряженности поля переменного напряжения в цилиндрической системе описывается формулой

$$E_{\sim} = \frac{U_{\sim}}{(r_0 + L_e) \ln \frac{R}{r_0}}, \quad (2)$$

где  $L_e$  – толщина коронирующего слоя.

Для времени пробега электронами расстояния  $L_e$ , справедливо

$$t = \frac{L_e(r_0 + L_e) \ln \frac{R}{r_0}}{k_e U_0}, \quad (3)$$

приравнявая  $t=T/2$  и обозначая частоту  $f_0$  при  $q_d=q_e$ , определим по формулам (2), (3) зависимость  $L_e$  от  $f_0$

$$\frac{1}{2f_0} = \frac{L_e(r_0 + L_e) \ln \frac{R}{r_0}}{k_e U_0 \sqrt{2}}, \quad (4)$$

где  $U_0$  – действующее значение переменного напряжения, которое равно  $\sim 10, \sim 30$  В.

Решение уравнения (4) находим в виде

$$L_e = \frac{r_0}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{r_0}{2}\right)^2 + \frac{k_e U_0 \sqrt{2}}{2f_0 \ln \frac{R}{r_0}}}, \quad (5)$$

подставляя значение  $k_e=540 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$  и пренебрегая  $\left(\frac{r_0}{2}\right)^2$ , получаем окончательное выражение

$$L_e = -\frac{r_0}{2} \pm 19,7 \sqrt{\frac{U_0}{f_0 \ln \frac{R}{r_0}}}, \quad (6)$$

где  $L_e, R, r_0$  – в см;  $U$  – в вольтах;  $f_0$  – в герцах.

Таким образом, при постоянстве значения тока коронного разряда и при известных значениях  $R, r_0, U_0, k_e$  и  $f_0$  выведенная расчётная формула позволяет определить толщину чехла короны для данной конфигурации электродов. При других размерах и формах электродной системы также выводится расчётная формула для определения  $L_e$ , исходя из распределения электрического поля и зоны дрейфа электронов в области с напряженностью поля 31 кВ/см (минимальное пробойное напряжение между электродами на расстоянии 1 см).

Экспериментальные значения  $f_0$  были определены для коронного разряда в цилиндрической системе электродов, когда  $R=0,2$  см,  $U_0=10$  В,  $I=20$  мкА, а для  $k_e=540 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$  принято его среднее значение в чехле короны при нормальных условиях атмосферного воздуха в Алматы ( $\rho=690$  мм рт. ст.,  $T=20^\circ\text{C}$ ).

Выражение (6) позволяет произвести качественные оценки значения  $L_e$  с расстоянием  $0,3\sqrt{r_0}$ . Расчеты показывают, что величина  $L_e$  близка к  $0,3\sqrt{r_0}$  при частотах  $f_0$ , хотя наблюдается  $L_e > 0,3\sqrt{r_0}$  с уменьшением диаметра коронирующей проволоки. Например,  $L_e=0,029$  см для значения  $R=0,2$  см,  $r_0=0,005$  см,  $f_0=1070$  кГц,  $U_0=10$  В, а расстояние  $0,3\sqrt{r_0}$  равно 0,021 см. При уменьшении радиуса  $r_0=0,001$  см,  $L_e=0,022$  см  $0,3\sqrt{r_0}=0,0095$  см.

В таблице 1 приведены полученные значения  $f_0$  для различных  $r_0$  и расчетные значения толщины чехла короны  $L_e$  по формулам (6) и  $0,3\sqrt{r_0}$ .

Таблица 1 – Расчетные значения  $L_e$  для различных  $r_0$

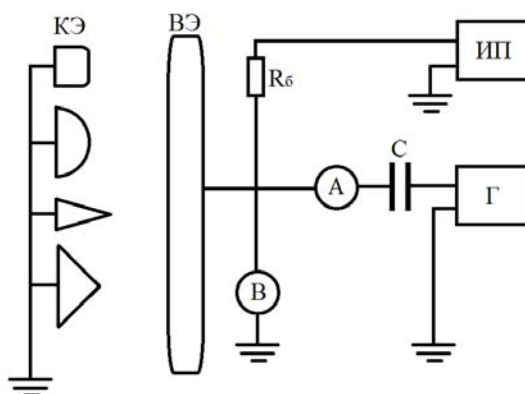
$r_0, \text{ см}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$15 \cdot 10^{-4}$	$30 \cdot 10^{-4}$	$50 \cdot 10^{-4}$
$f_0, \text{ Гц}$	$1450 \cdot 10^{-3}$	$1250 \cdot 10^{-3}$	$810 \cdot 10^{-3}$	$300 \cdot 10^{-3}$
$L_e, \text{ см}$	$20,63 \cdot 10^{-3}$	$24,15 \cdot 10^{-3}$	$30,1 \cdot 10^{-3}$	$56,13 \cdot 10^{-3}$
$0,3\sqrt{r_0}, \text{ см}$	$6,71 \cdot 10^{-3}$	$11,62 \cdot 10^{-3}$	$16,43 \cdot 10^{-3}$	$21,21 \cdot 10^{-3}$

Полученные данные для  $L_e$  показывают, что резонанс плазмы чехла короны наступает при различных частотах в зависимости от значений  $r_0$ . Которые определяют, в первую очередь, величину толщины коронирующего слоя (чехла) коронного разряда. Как и следовало ожидать, значение  $L_e$ , полученные по разработанному способу намного превышают для того же ряда

радиусов  $r_0$  расчетные данные по формуле  $0,3\sqrt{r_0}$ . Как было сказано выше, это связано с появлением раскочки электронов высокочастотным полем, что ведет к интенсификации ионизационных процессов в чехле короны.

Методика определения ВЧ-проводимости ( $q_d$ ) коронного разряда от частоты переменного напряжения была следующей: сначала измерялся емкостной ток через коронноразрядный промежуток при подаче переменной составляющей напряжения во всем диапазоне частот (от 0,2 до 1,6 МГц). Затем, на коронноразрядный промежуток подавался высокий потенциал и при определенной, заранее установленной величине постоянного тока коронного разряда, производилось измерение суммарного сигнала – переменной составляющей тока в том же диапазоне частот. Соответствующая емкостная составляющая тока вычиталась из суммарной, и по этой разности строились кривые ВЧ-проводимости короны в зависимости от частоты переменного напряжения. ВЧ-проводимость разрядного промежутка определялась отношением значения переменной составляющей тока короны к величине приложенного переменного напряжения. При построении частотной зависимости ВЧ-проводимости короны по арифметической разности между суммарным током и током смещения (емкостной составляющей) было установлено, что значения  $q_d$  могут быть больше или меньше, или равно по значению ВЧ-проводимости разрядного промежутка при отсутствии постоянного тока короны ( $q_e$ ) [4].

При определении радиуса кривизны поверхности электрода произвольной формы, постоянное высокое и переменное высокочастотное напряжения подаются на второй электрод в виде плоского диска ( $D \sim 2$  см), близко расположенного (4 – 5 мм) к коронирующему электроду (рисунок 1). От генератора типа ГС-100И подается на разрядный промежуток переменное синусоидальное напряжение с регулируемой частотой от 200 Гц до 1,6 МГц, высоковольтное напряжение подается от высоковольтного источника типа ВС-23. Параметры высокочастотного напряжения изменяются с помощью микроамперметра и милливольтметра переменного напряжения. Амплитуда переменного высокочастотного напряжения выбиралась в пределах от 2 до 100 В в зависимости от крутизны характеристики положительной короны и геометрических размеров разрядного промежутка.



КЭ-коронирующие электроды различной формы; ВЭ-внешний электрод; R<sub>б</sub>-балластное сопротивление; А-микроамперметр переменного напряжения; В-милливольтметр переменного напряжения; С-разделительный конденсатор; ИП-источник питания; Г-высокочастотный генератор

Рисунок 1 – Схема для определения радиуса кривизны поверхности коронирующего электрода

Коронный разряд возникает на вершине поверхности и при дальнейшем увеличении напряжения распространяется по остальной части поверхности. Для определения начальной напряженности коронного разряда в случае электродов произвольной формы обычно пользуются связью между изменением напряженности электростатического поля в непосредственной близости от поверхности электрода и радиусами кривизны этой поверхности[1]:



$$-\frac{dE}{E} = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) dx, \quad (7)$$

где  $R_1$  и  $R_2$  – главные радиусы кривизны поверхности в данной точке, т.е. минимальный и максимальный радиусы кривизны;  $x$  отсчитывается от поверхности электрода в направлении нормали. В результате интегрирования и при подстановке полученного выражения для напряженности поля в условиях самостоятельности разряда и последующем интегрировании, получим уравнение для определения начальной напряженности  $E_0$ .

Для определения начальной напряженности, соответствующей данной точке коронирующего электрода произвольной формы, может быть использовано уравнение для цилиндрических проводов, если эквивалентный радиус провода рассчитывать по формуле:

$$r_0 = \frac{R_1}{\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot \left(1 + 0.2 \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}\right)} \quad (8)$$

Наиболее простым образом он рассчитывается, когда электрод представляет собой поверхность вращения, например, если иглу аппроксимировать гиперболоидом вращения. В этом случае максимальный радиус кривизны ( $R_2$ ) равен радиусу кривизны кривой, вращением которой электрод получен, а минимальный ( $R_1$ ) – равен длине нормали к этой кривой от оси вращения до рассматриваемой точки.

Радиус кривизны вершины электродов точно определяется при начальной стадии коронного разряда. Действительно, для вершины электрода произвольной формы можно допустить  $R_1 \ll R_2$ , тогда с некоторой погрешностью по формуле (8) получим  $r_0 = R_1$ . Таким образом, в начале определяют резонансную частоту  $f_0$  для электрода произвольной формы с соблюдением условия  $q_d = q_e$ , а затем при этой частоте по градуировочной кривой находят  $r_{0\text{экв}}$ , что, в конечном итоге, определяет радиус кривизны коронирующей поверхности электрода произвольной формы.

Значение  $f_0$  ( $q_d = q_e$ ) для данной конфигурации электродов и при постоянстве характеристик коронного разряда (постоянство тока разряда и атмосферных условий) находится следующим образом: сначала определяются зависимости ВЧ-проводимости разрядного промежутка ( $q_e$  – емкостная) от частоты переменного напряжения при отсутствии коронного разряда. Затем строятся зависимости ВЧ-проводимости при присутствии коронного разряда ( $q_d$ ) и по совпадению  $q_d = q_e$  находят значение  $f_0$ , которое служит для определения по градуировочной кривой радиуса кривизны поверхности электрода произвольной формы.

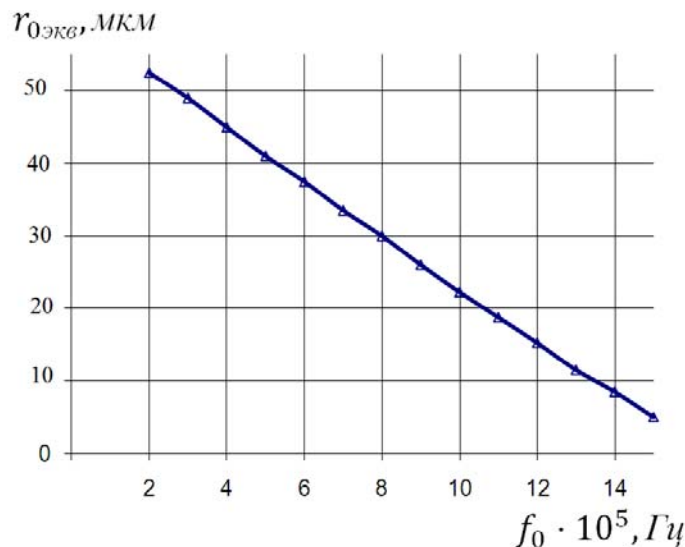


Рисунок 2 - Зависимости эквивалентного радиуса  $r_{0\text{экв}}$  от  $f_0$

Для построения градуировочной кривой (рисунок 2) зависимости эквивалентного радиуса микропроволок от  $f_0$  были использованы разрядные камеры в виде цилиндра диаметром от 2 до 36 мм, а центральным коронирующим электродом служили микропроволоки из вольфрама диаметром от 5 до 50 микрон (мкм).

Экспериментальные значения  $f_0$  были определены для коронного разряда в цилиндрической системе электродов, когда  $R=0,2$  см,  $U_0=10$  В,  $I=20$  мкА. Следует отметить, в случае определения радиуса кривизны поверхности неподвижных частей высокочастотной аппаратуры нагрузочное сопротивление 1 кОм располагалось в цепи высокого напряжения.

Выводы. Разработан способ определения радиуса кривизны поверхности коронирующего электрода, который осуществляется путем подачи между электродами дополнительного высоковольтного напряжения с амплитудой, меньшей величины высоковольтного постоянного напряжения и регулируя его частоту, создают в плазме чехла коронного разряда режим резонансного колебательного процесса, а затем при равенстве значений высокочастотных проводимостей разрядного промежутка с коронным разрядом и без него, определяют радиус кривизны поверхности коронирующего электрода по градуировочной кривой эквивалентных радиусов, полученной в зависимости от значений резонансных частот.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Верещагин И.П. Коронный разряд в аппаратах электронно-ионной технологии. М., Энергоатомиздат, 1985, 159с.
- [2] Пик Ф. Диэлектрические явления в технике высоких напряжений. Пер. с англ. М.Л., Госэнергоиздат, 1934, 362с.
- [3] Бахтаев Ш.А., Боканова А.А., Бочкарева Г.В., Сыдыкова Г.К. Физика и техника коронно-разрядных приборов. – Алматы, АУЭС, 2007, 279 с.
- [4] Инновационный патент №24408 РК, кл. G01B 7/12. Способ определения радиуса кривизны поверхности коронирующего электрода / Бахтаев Ш.А. и др., опубл. 15.08.2011, бюл. №8.
- [5] Ashmarin G.V., Lelevkin V.M., Tokarev A.V. Pulse-periodic corona discharge in technologies of gaseous precipitation // 5-International Conference Plasma Physics and Plasma Technologies, Minsk, Belarus, 16-22 September, 2006, Vol.2, p.812-815.
- [6] Niedbalski, Jorge. High-voltage multichannel rail gap switch triggered by corona discharge // Review of scientific Instruments, 2003, Vol. 74, Issue 7, p. 3520–3524.
- [7] Ono, Ryo; Oda, Tetsuji. Dynamics of ozone and OH radicals generated by pulsed corona discharge in humid-air flow reactor measured by laser spectroscopy // Journal of Applied Physics, 2003, Vol.93, Issue 10, p. 5876–5883.
- [8] Malik M.A., Ubaid-ur-Rehman, Ghaffar, A., and Ahmed, K. Synergistic effect of pulsed corona discharges and ozonation and decolourization of methylene blue in water. Plasma Sources Science and Technology, Vol. 11, № 3, 2002, p. 236–241.
- [9] Pemen, A.J.M.; Nair, S.A.; Yan, K.; van Heesch, E.J.M.; Ptasinsky, K.J.; Drinkenburg, A.A.H. Pulsed Corona Discharges for Tar Removal from Biomass Derived Fuel Gas. // Plasmas & Polymers, 2003, Vol. 8, Issue 3, p. 209–224.
- [10] Ming-Wei Li; Zheng Hu; Xi-Zhang Wang; Quing Wu; Yi Chen. Synthesis of carbon nanowires using dc pulsed corona discharge plasma reaction // Journal of Materials Science, 2004, Vol. 39, Issue 1, p. 283–284.
- [11] Salvermoser, M.; Murnick, D.E. Efficient, stable, corona discharge 172 nm xenon excimer light source // Journal of Applied Physics, 2003, Vol. 94, Issue 6, p. 3722.
- [12] Wang, F., Liu, J.B., Sinibaldi, J., Brophy, C., Kuthi, A., Jiang, C., Ronney, P.D., Gundersen, M.A. Transient Plasma Ignition of Quiescent and Flowing Fuel Mixtures // IEEE Transactions on Plasma Science, 2005, Vol. 33, pp. 844–849.
- [13] Liu, J.B., Wang, F., Li, G., Kuthi, A., Gutmark, E.J., Ronney, P.D., Gundersen, M.A. Transient plasma ignition // IEEE Transactions on Plasma Science, 2005, Vol.33, p. 326–327.
- [14] Mainelis G., Welleke, K., Adhikari, A., Reponen, T., and Grinshpun, S.A. Design and Collection Efficiency of a New Electrostatic Precipitator for Bioaerosol Collection. Aerosol Science and Technology, 2002, 36, p.1073-1085.
- [15] Ашмарин Г.В., Лелевкин В.М., Токарев А.В. Исследование возможности создания электрофильтров на малых разрядных промежутках. Доклад на юбилейной конференции КРСУ, 2003.
- [16] Yamada, Kimio. An empirical formula for negative corona discharge current in point-grid electrode geometry // Journal of Applied Physics, 2004, Vol. 96, Issue 5, p. 2472–2475.
- [17] Pingao Shi, Dezheng Wang. Numerical simulation of pulsed corona discharge with dust particles at atmospheric pressure // Physics of Plasmas. – 2005. – Vol.12. – Issue 4.
- [18] Chen J. Direct current corona-enhanced chemical reaction // P.h.d. dissertation, University of Minnesota, 2002.
- [19] Yehia, A., Mizuno, A., and Takashima, K. On the Characteristics of the Corona Discharge in a Wire-Duct Reactor // J. Phys. D: Appl. Phys., 2000, Vol. 33, p.2807–2814.
- [20] Ашмарин Г. В., Лелевкин В. М., Ниязалиев И. А., Токарев А.В., Юданов В. А. Значение электрического ветра для теплообмена в технологических устройствах на основе коронного разряда // Вестник КРСУ. – 2006 г. – Т. 6. – № 5. – С. 147.

## REFERENCES

- [1] IP Vereshchagin Corona discharge devices in the electron-ion technology. M. Energoatomisdat, 1985, 159s.
- [2] Peak F. Dielectric Phenomena in High-Voltage Engineering. Per.s Eng. ML, Gosenergoizdat, 1934, 362s.
- [3] Bahtaev Sh, Bokanova AA Bochkareva GV, Sydykov GK Physics and technology koronnrazryadnyh devices. - Almaty AUPET 2007, 279 p.
- [4] The innovative patent RK №24408, cl. G01V 7/12. The method for determining the radius of curvature of the surface discharge electrode / Bahtaev Sh et al., publ. 15.08.2011, Bull. №8.
- [5] Ashmarin G.V., Lelevkin V.M., Tokarev A.V. Pulse-periodic corona discharge in technologies of gaseous precipitation // 5-International Conference Plasma Physics and Plasma Technologies, Minsk, Belarus, 16-22 September, 2006, Vol.2, p.812–815.
- [6] Niedbalski, Jorge. High-voltage multichannel rail gap switch triggered by corona discharge // Review of scientific Instruments, 2003, Vol. 74, Issue 7, p. 3520–3524.
- [7] Ono, Ryo; Oda, Tetsuji. Dynamics of ozone and OH radicals generated by pulsed corona discharge in humid-air flow reactor measured by laser spectroscopy // Journal of Applied Physics, 2003, Vol.93, Issue 10, p. 5876–5883.
- [8] Malik M.A., Ubaid-ur-Rehman, Ghaffar, A., and Ahmed, K. Synergistic effect of pulsed corona discharges and ozonation and decolorization of methylene blue in water. Plasma Sources Science and Technology, Vol. 11, № 3, 2002, p. 236–241.
- [9] Pemen, A.J.M; Nair, S.A.; Yan, K.; van Heesch, E.J.M.; Ptasinsky, K.J.; Drinkenburg, A.A.H. Pulsed Corona Discharges for Tar Removal from Biomass Derived Fuel Gas. // Plasmas & Polymers, 2003, Vol. 8, Issue 3, p. 209–224.
- [10] Ming-Wei Li; Zheng Hu; Xi-Zhang Wang; Quing Wu; Yi Chen. Synthesis of carbon nanowires using dc pulsed corona discharge plasma reaction // Journal of Materials Science, 2004, Vol. 39, Issue 1, p. 283–284.
- [11] Salvermoser, M.; Murnick, D.E. Efficient, stable, corona discharge 172 nm xenon excimer light source // Journal of Applied Physics, 2003, Vol. 94, Issue 6, p. 3722.
- [12] Wang, F., Liu, J.B., Sinibaldi, J., Brophy, C., Kuthi, A., Jiang, C., Ronney, P.D., Gundersen, M.A. Transient Plasma Ignition of Quiescent and Flowing Fuel Mixtures // IEEE Transactions on Plasma Science, 2005, Vol. 33, pp. 844–849.
- [13] Liu, J.B., Wang, F., Li, G., Kuthi, A., Gutmark, E.J., Ronney, P.D., Gundersen, M.A. Transient plasma ignition // IEEE Transactions on Plasma Science, 2005, Vol.33, p. 326–327.
- [14] Mainelis G., Welleke, K., Adhikari, A., Reponen, T., and Grinshpun, S.A. Design and Collection Efficiency of a New Electrostatic Precipitator for Bioaerosol Collection. Aerosol Science and Technology, 2002, 36, p.1073-1085.
- [15] Ashmarin GV Lelevkin VM, Tokarev AV Study the possibility of creating electrostatic discharge at small intervals. Report on the anniversary conference KRSU 2003.
- [16] Yamada, Kimio . An empirical formula for negative corona discharge current in point-grid electrode geometry // Journal of Applied Physics, 2004, Vol. 96, Issue 5, p. 2472–2475.
- [17] Pingao Shi, Dezhen Wang. Numerical simulation of pulsed corona discharge with dust particles at atmospheric pressure // Physics of Plasmas. – 2005. – Vol.12. – Issue 4.
- [18] Chen J. Direct current corona-enhanced chemical reaction // P.h.d. dissertation, University of Minnesota, 2002.
- [19] Yehia, A., Mizuno, A., and Takashima, K. On the Characteristics of the Corona Discharge in a Wire-Duct Reactor // J. Phys. D: Appl. Phys., 2000, Vol. 33, p.2807–2814.
- [20] Ashmarin GV, Lelevkin VM, Niyazaliev IA, Tokarev AV, Yudanov VA value of the electric wind for heat exchange in technological devices based on corona discharge // Herald KRSU. - 2006 - T. 6. - number 5. - S. 147.

**Ш.А. Бахтаев, Г.В. Бочкарева, Г.Д. Мусапирова, Ф.Р. Авхадиева**

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ.

### ТӘЖДЕЛУШІ ЭЛЕКТРОД БЕТІНІҢ ҚИСЫҚТЫҚ РАДИУСЫН АНЫҚТАУ ТӘСІЛІ

**Аннотация.** Тәжделуші электрод бетінің қисықтық радиусын анықтау тәсілін өңдеу негізіне тәждік разряд қабы плазмасының, разрядтық қашықтыққа бір уақытта үлкен тұрақты және аз жоғарғы жиілікті (ЖЖ) айнымалы кернеудің зерттеу нәтижелері жатады. Тәжделуші электрод бетінің қисықтық радиусын анықтау әдісі жасалған, ол электродтар арасында қосымша амплитудасы жоғарғы вольтты тұрақты кернеу шамасынан аз мәнді жоғарғы вольтты кернеу беру арқылы іске асырылады, және оның жиілігін өзгерте отырып тәждік разрядтың плазма қабында резонанстық тербелмелі режим қалыптастырылады. Соңында тәждік разряд бар және жоқ болғанда тәждік қашықтықтың жоғарғы жиілікті өткізгіштігінің теңдігі кезінде, тәжделуші электрод бетінің қисықтық радиусын резонанстық жиіліктер мәніне байланысты эквиваленттік радиустер алмастырмалы қисықтың көмегімен анықталады.

**Түйін сөздер:** тәждік разряд, қисықтық радиусы, ЖЖ-өткізгіштік, микроэлектродтар, тәж қабы, электрондық құрамы.

---



---

**МАЗМҰНЫ**
**Астрофизика**

<i>Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурызбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т., Берцик П.П., Юст А., Шпурцем Р.</i> Аккрециялық газды диск пішінінің аккрецияланушы жұлдыздардың орбиталық сипаттамасына әсері.....	5
<i>Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтімбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.</i> Екі матрицалы фотометрдің басқару жүйесі.....	14

**Физика**

<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.</i> 50 және 65 Мэв энергиядағы альфа-бөлшектердің <sup>11</sup> вядроларында шашырау құбылыстарын зерттеу.....	20
<i>Омар Ж.О., Такибаев Н.Ж., Құрманғалиева В.О.</i> Нейтронды жұлдыздардың кристалдық торларындағы фонон-фононды әсерлесулер.....	26

**Химия**

<i>Полещук О.Х., Фатеев А.В., Адырбекова Г.М., Ермаханов М.Н., Саудахметов П.А.</i> Тығыздық функционал теориясының әдістерімен металоцендердегі химиялық байланыстың талдауы.....	34
<i>Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М.</i> Материалдардың бүлінуі кезіндегі механикалық және жылулық энергияның өзара байланысы.....	42

**Жер туралы ғылымдар**

<i>Бітімбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х.</i> Жабық ұсақтау циклда алтынның жиналуының заңдылығын зерттеу.....	50
<i>Бітімбаев М.Ж., Шемякин В.С., Скопов С.В.</i> Қазақстанның мыс және мыс-мырышты кендерін рентгенорадиометриялық байыту.....	55
<i>Ниценко А.В., Требухов С.А., Қасымжанова А.К., Шендяпин А.С.</i> Төмендетілген қысым кезіндегі мышьяқтың диффузия коэффициентін анықтау.....	63

**Әлеуметтік ғылымдар**

<i>Қурманов Н.А., Рахимбекова А.Е., Бактымбет А.С., Махатова А.Б.</i> Қазақстан республикасындағы кіші және орта бизнестің инновациялық қызметінің дамуы.....	70
<i>Кольбаев М.К., Нурлихина Г.Б., Турабаев Г.К.</i> Шағын инновациялық кәсіпкерлікті венчурлық қаржыландыру.....	80

\* \* \*

**Астрофизика**

<i>Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурызбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Берцик П.П., Юст А., Шпурцем Р., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т.</i> аккрециялық газды диск пішінінің аккрецияланушы жұлдыздардың орбиталық сипаттамасына әсері.....	87
<i>Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтімбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.</i> Екі матрицалы фотометрдің басқару жүйесі.....	96

**Физика**

<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.</i> 50 және 65 Мэв энергиядағы альфа-бөлшектердің <sup>11</sup> вядроларында шашырау құбылыстарын зерттеу.....	102
<i>Боос Э.Г., Темірәлиев Т., Избасаров М., Самойлов В.В., Федосимова А.И.</i> Импульсі 22,4 ГэВ/С антипротон-протондық аннигиляцияда және протон мен антипротонның зарядынан айырылу реакциясында оқиға құрылымын талдау.....	108
<i>Бетекбаев А. А., Калыгулов Д. А., Скаков Д. М., Мукашев Б. Н.</i> Күн энергиясының фотоэлектрлік түрлендірілуі: KAZPV жобасының жағдайы мен қолдану келешектері.....	113

**Техникалық ғылымдар**

<i>Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Мить К.А.</i> Атомдардың орнын басу әдісімен синтезделген эпитаксиалды SiC қабыршақтарының құрылымы.....	118
<i>Мусабеков Н.Р., Ибраев А. Х., Адильбеков М. Ж.</i> Жылуалмасу процестерін басқару мысалындағы технологиялық процесті басқарудың гибридік жүйесін әзірлеу туралы мәселелер.....	125
<i>Дайрабай Д.Д., Голубев В.Г., Балабеков О.С., Бренер А.М.</i> Нуклеаттардың жоғары концентрациясы жағдайларында кластерлік дисперсиялар түзілуінің ерекшеліктері.....	132
<i>Генбач А.А., Джаманкулова Н.О.</i> Жылу энергетикалық қондырғылардың капиллярлық-кеуектік жаңа класты салқындату жүйелеріндегі жылумассаалмасуды зерттеу.....	139
<i>Машеков С.А., Абсадыков Б.Н., Алимкулов М.М.</i> ТМД елдерінде рельстерді қолдану тәжірибесі және оның мемлекетаралық стандартты өндіру үшін қолдануы.....	146
<i>Телтаев Б. Б., Айтбаев Қ.А., Аблалиев С.А.</i> Жол құрылымының кернеулі-деформациялық күйіне жерасты коллекторының әсері.....	162
<i>Бахтаев Ш.А., Бочкарева Г.В., Мусатирова Г.Д., Авхадиева Ф.Р.</i> Тәжделуші электрод бетінің қисықтық радиусын анықтау тәсілі.....	173

**Механика**

<i>Жолдасбеков С.Ө., Ибраев С.М., Сакенова А.М., Иманбаева Н.С., Нұрмағанбетова А.Т.</i> Жүк көтергіш иіптіректі механизмді Арм winmachine компьютерлік жүйесі көмегімен жобалау.....	180
---	-----

**Химия**

<i>Фазылов С.Д., Животова Т.С., Нүркенов О.А., Абдыкалыков М.А., Сатпаева Ж.Б., Мұқашев А.Б., Жақыпова А.Н., Молдахметов М.З.</i> Көмір қалдықтары мен көмір қоқыстары негізінде брикетті отын алудың тиімді көрсеткіштерін жасау.....	186
<i>Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М.</i> Материалдардың бүлінуі кезіндегі механикалық және жылулық энергияның өзара байланысы.....	193
<i>Айдарова С.Б., Тлеуова А.Б., Исаева А., Шарипова А.А., Григорьев Д.О., Миллер Р.</i> Гидрофобты агенттерді инкапсуляциялауда пикеринг эмульсиясын қолдану.....	200
<i>Мамырбекова А., Баешов А.Б., Мамырбекова А.</i> Әр түрлі орталарда стационарлы емес токпен поляризациялау кезіндегі күкірттің электрохимиялық қасиеті.....	209
<i>Қоңурбаев А.Е., Баешов А.Б.</i> Композициялы күкірт- графит электродын қолдану арқылы мырыш сульфидін электрохимиялық жолмен алу.....	214
<i>Баешов А.Б., Қоңурбаев А.Е., Адайбекова А.А., Баешова А.К.</i> Совместное восстановление ионов цинка и сульфит-ионов на в стеклографитовом электроде.....	222

**Жер туралы ғылымдар**

<i>Бітімбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х.</i> Жабық ұсақтау циклда алтынның жиналуының заңдылығын зерттеу .....	231
<i>Ниценко А.В., Требухов С.А., Қасымжанова А.К., Шендятин А.С.</i> Төмендетілген қысым кезіндегі мышьяқтың диффузия коэффициентін анықтау.....	245
<i>Метакса Г.П., Буктуков Н.С.</i> Йеллоустон Жанартауы. Ғылыми аңыз бен шындық.....	252

**Медицина**

<i>Рахимов Қ.Д., Адекенов С.М.</i> Дәріге тұрақты метастаздардың өсуіне жаңа табиғи препараттардың цитостатиктермен біріктірген кездегі фармакологиялық әсері.....	257
<i>Рахимов Қ.Д.</i> Клиникаға дейінгі зерттеулерде дәрілерге тұрақты метастаздардың пайда болуын анықтау.....	262

**Аграрлық ғылым**

<i>Аубакиров Х.А., Баймуқанов Д.А., Рахманов С.С.</i> Жамбыл облысы «Бапшы-Сейсенбай» шаруа қожалығында өсірілетін жылқы популяциясындағы түстердің таралу ерекшеліктері.....	268
<i>Асембаева Э.Қ., Сейдахметова З.Ж., Велямов Т.М., Лесова Ж.Т., Нурмуханбетова Д.Е.</i> Функционалдық тағамдық өнімдер. Түйе сүтінен алынатын сүтқышқылды өнімдер.....	275

**Қоғамдық ғылымдар**

<i>Пилипчук Я.В.</i> XVII–XVIIIғғ. Моғолстан және ұйғыр мемлекеттерінің құлауы.....	285
<i>Есенбекова А.Б.</i> Экономиканың тұрақты дамуы мәселелері және оның климаттың ғаламдық өзгеруіне тәуелділігі жайлы.....	302
<i>Жакипов Б. М.</i> Шет елдердегі көрме қызметінің даму үрдістерін талдау.....	309
<i>Насимов М. Ө.</i> Саяси менеджмент: түсінігі, құрылымы және негізгі түрлері.....	316
<i>Панзабекова А.Ж., Турабаев Г.К.</i> Экономиканың нақты секторындағы еңбекті ынталандыру: қағидалары мен әдістері.....	324
<i>Сейтахметова Н.Л., Жандосова Ш.М., Смағұлов Қ.Е.</i> Діни экстремизм мәселесінің саясаттанулық қыры.....	332

## СОДЕРЖАНИЕ

**Астрофизика**

- Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурызбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т., Берцик П.П., Юст А., Шпурцем Р.* Влияние профиля аккреционного газового диска на орбитальные параметры аккрецируемых звезд..... 5
- Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтимбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.* Система управления двухматричным фотометром..... 14

**Физика**

- Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.* Исследование процессов рассеяния альфа-частиц на ядрах <sup>11</sup>в при энергиях 50 и 65 Мэв..... 20
- Омар Ж.О., Такибаев Н.Ж., Құрманғалиева В.О.* Фонон-фононное взаимодействие в кристаллических решетках нейтронных звезд..... 26

**Химия**

- Полещук О. Х., Фатеев А. В., Адырбекова Г.М., Ермаханов М.Н., Саидахметов П.А.* Анализ химической связи в металлоценах методами теории функционала плотности..... 34
- Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М.* Взаимосвязь тепловой и механической энергии при разрушении материалов..... 42

**Жер туралы ғылым**

- Битимбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х.* Исследование закономерности накопления золота в замкнутых циклах измельчения..... 50
- Битимбаев М.Ж., Шемякин В.С., Скопов С.В.* Рентгенорадиометрическое обогащение медных и медно-цинковых руд Казахстана..... 55
- Ниценко А. В., Требухов С. А., Касымжанова А. К., Шендятин А. С.* Определение коэффициента диффузии мышьяка при пониженном давлении..... 63

**Социальные науки**

- Курманов Н.А., Рахимбекова А.Е., Бактымбет А.С., Махатова А.Б.* Развитие инновационной деятельности предприятий малого и среднего бизнеса в Казахстане..... 70
- Kolbayev M. K., Нурлихина Г.Б., Турабаев Г.К.* Венчурное финансирование малого инновационного предпринимательства..... 80

\* \* \*

**Астрофизика**

- Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурызбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Берцик П.П., Юст А., Шпурцем Р., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т.* Влияние профиля аккреционного газового диска на орбитальные параметры аккрецируемых звезд..... 87
- Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтимбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.* Система управления двухматричным фотометром..... 96

**Физика**

- Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.* Исследование процессов рассеяния альфа-частиц на ядрах <sup>11</sup>в при энергиях 50 и 65 Мэв..... 102
- Боос Э.Г., Темиралшев Т., Избасаров М., Самойлов В.В., Федосимова А.И.* Анализ структуры событий в антипротон - протонной аннигиляции и реакции перезарядки протона и антипротона при импульсе 22,4 ГэВ/с..... 108
- Бетекбаев А. А., Калыгулов Д. А., Скаков Д. М., Мукашев Б. Н.* Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии: состояние и перспективы использования проекта KAZPV..... 113

**Технические науки**

- Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Мить К.А.* Структура эпитаксиальных пленок SiC, синтезированных методом замещения атомов..... 118
- Мусабеков Н.Р., Ибраев А.Х., Адильбеков М. Ж.* О вопросах разработки гибридной системы управления технологическим процессом на примере управления процессами теплообмена..... 125
- Дайрабай Д.Д., Голубев В.Г., Балабеков О.С., Бренер А.М.* Особенности образования кластерных дисперсий в условиях высокой концентрации нуклеатов..... 132
- Генбач А.А., Джаманкулова Н.О.* Исследование теплообмена в капиллярно-пористых системах охлаждения нового класса тепловых энергоустановок..... 139
- Машеков С.А., Абсадыков Б.Н., Алимкулов М.М.* Опыт применения рельсов в странах СНГ и использование его для разработки межгосударственного стандарта..... 146
- Телтаев Б. Б., Айтбаев К.А., Абляев С.А.* Влияние подземного коллектора на напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции..... 162
- Бахтаев Ш.А., Бочкарева Г.В., Мусатирова Г.Д., Авхадиева Ф.Р.* Способ определения радиуса кривизны поверхности коронирующего электрода..... 173

**Механика**

- Джолдасбеков С.У., Ибраев С.М., Сакенова А.М., Иманбаева Н.С., Нурмаганбетова А.Т.* Проектирование грузоподъемного рычажного механизма с помощью компьютерной системы Arm winmachine..... 180

**Химия**

*Фазылов С.Д., Животова Т.С., Нуркенов О.А., Сатпаева Ж.Б., Абдыкалыков М.А., Мукашев А.Б., Жакупова А.Н., Мулдахметов М.З.* Разработка оптимальных параметров получения брикетного топлива на основе угольных отсеков и угольного шлама..... 186

*Мальшиев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М.* Взаимосвязь тепловой и механической энергии при разрушении материалов..... 193

*Айдарова С.Б., Тлеуова А.Б., Исаева А.Б., Шарипова А.А., Григорьев Д.О., Миллер Р.* Применение эмульсии пикеринга для инкапсуляции гидрофобных агентов..... 200

*Мамырбекова А., Баешов А.Б., Мамырбекова А.* Электрохимическое поведение серы в различных средах при поляризации нестационарными токами..... 209

*Коңурбаев А.Е., Баешов А.Б.* Электрохимический способ получения сульфида цинка с применением композиционного сера-графитового электрода..... 214

*Баешов А.Б., Коңырбаев А.Е., Адайбекова А.А., Баешова А.К.* Мырыш және сульфит иондарының шыныграфит электродында бірге тотықсыздануы..... 222

**Науки о Земле**

*Битимбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х.* Исследование закономерности накопления золота в замкнутых циклах измельчения..... 231

*Ниценко А. В., Требухов С. А., Касымжанова А. К., Шендяпин А. С.* Определение коэффициента диффузии мышьяка при пониженном давлении..... 245

*Метакса Г.П., Буктуков Н.С.* Вулкан Йеллоустон. Научные мифы и реальность..... 252

**Медицина**

*Рахимов К.Д., Адекенов С.М.* Фармакологическое влияние новых природных препаратов в комбинации с цитостатиками на рост лекарственно резистентных метастазов..... 257

*Рахимов К.Д.* Индуцирование лекарственной резистентности метастазов перевиваемых опухолей в условиях доклиники..... 262

**Аграрные науки**

*Аубакиров Х.А., Баймуханов Д.А., Рахманов С.С.* Особенности распространения мастей в популяции лошадей, разводимых в крестьянском хозяйстве «Бапыш-Сейсенбай» Жамбылской области..... 268

*Асембаева Э.К., Сейдахметова З.Ж., Велямов Т.М., Лесова Ж.Т., Нурмуханбетова Д.Е.* Функциональные пищевые продукты. Кисломолочные продукты из верблюжьего молока..... 275

**Общественные науки**

*Пилипчук Я.В.* Падение Моголистана и уйгурских государств в XVII-XVIII вв..... 285

*Есенбекова А.Б.* К проблеме устойчивого развития экономики и ее зависимости от глобального изменения климата..... 302

*Жакипов Б. М.* Анализ тенденций развития выставочной деятельности за рубежом..... 309

*Насимов М.О.* Политический менеджмент: понятие, структура и основные виды..... 316

*Панзабекова А.Ж., Турабаев Г.К.* Стимулирование труда в реальном секторе экономики: принципы и подходы... 324

*Сейтахметова Н.Л., Жандосова Ш.М., Смагулов К.Е.* Политический аспект проблемы религиозного экстремизма..... 332

## CONTENT

**Astrophysics**

- Shukirgaliyev B.T., Panamarev T.P., Naurzbaeva A.Zh., Kalambay M.T., Makukov M.A., Vilkoviskij E.Y., Omarov Ch.T., Berczik P.P., Just A., Spurzem R.* Effect of gas accretion disc profile on orbital parameters of the accreted stars... 5  
*Zhantayev Zh.Sh., Kuratov K.S., Seytimbetov A.M., Mailybayev A.T., Alimgazinova N.Sh., Manapbayeva A.B., Kuratova A.K., Iztleuov N.T.* Two-matrix photometer control system..... 14

**Physics**

- Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Mukhamejanov Y.S., Alimov D.K., Demyanova A.S., Danilov A.N.* Study of scattering of alpha particles from  $^{11}\text{B}$  nuclei at 50 and 65 mev.....20  
*Omar Zh., Takibayev N.Zh., Kurmangaliyeva V.O.* Phonon-phonon interaction in the crystal lattice of neutron star..... 26

**Chemistry**

- Poleshchuk O. Kh., Fateev A. V., Adyrbekova G.M., Ermakhanov M. N., Saidakhmetov P.A.* Analysis of the chemical bond in the metallocene using density functional theory.....34  
*Malyshev V.P., Zubrina Y.S., Makasheva A.M.* Interconnection of heat and mechanical energy in the destruction of materials..... 42

**Earth sciences**

- Bitimbayev M.Z., Morozov Y.P., Khamidullin I.H.* Study of gold accumulation regularities in closed grinding cycles..... 50  
*Bitimbayev M.Z., Shemyakin V.S., Skopov S.V.* X-ray radiometric enrichment of copper and copper zinc ores of Kazakhstan..... 55  
*Nitsenko A. V., Trebukhov S. A., Kasymzhanova A. K., Shendyapin A. S.* Determination of arsenic diffusion coefficient under reduced pressure..... 63

**Social sciences**

- Kurmanov N., Rakhimbekova A., Baktymbet A., Makhatova A.* Development of innovative activity in small and medium enterprises in Kazakhstan..... 70  
*Kolbayev M.K., Nyurlikhina G.B., Tyurabayev G.K.* Venture financing of small innovative entrepreneurship..... 80

\* \* \*

**Astrophysics**

- Shukirgaliyev B.T., Panamarev T.P., Naurzbaeva A.Zh., Kalambay M.T., Berczik P.P., Just A., Spurzem R., Makukov M.A., Vilkoviskij E.Y., Omarov Ch.T.* Effect of gas accretion disc profile on orbital parameters of the accreted stars..... 87  
*Zhantayev Zh.Sh., Kuratov K.S., Seytimbetov A.M., Mailybayev A.T., Alimgazinova N.Sh., Manapbayeva A.B., Kuratova A.K., Iztleuov N.T.* Two-matrix photometer control system..... 96

**Physics**

- Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Mukhamejanov Y.S., Alimov D.K., Demyanova A.S., Danilov A.N.* Study of scattering of alpha particles from  $^{11}\text{B}$  nuclei at 50 and 65 mev.....102  
*Boos E.G., Temiraliyev T., Izbasarov M., Samoilov V.V., Fedosimova A.I.* Analysis of events structure in antiproton-Proton annihilation reaction and reaction of proton and antiproton recharging at 22.4 GeV/c..... 108  
*Betekbayev A.A., Kalygulov D.A., Skakov D.M., Mukashev B.N.* Photovoltaic conversion of solar energy: state and perspectives of KAZPV project..... 113

**Technical sciences**

- Bakranova D.I., Kukushkin S.A., Beisembetov I.K., Osipov A.V., Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B., Kenzhaliev B.K., Mit' K.A.* The structure of SiC epitaxial films, synthesized by substitution of atoms.....118  
*Mussabekov N.R., Ibraev A.K., Adilbekov M.J.* On the issues of development the hybrid control system by technological process on the example of the control heat exchange processes.....125  
*Dairabay D. D., Golubev V.G., Balabekov O.S., Brener A.M.* Peculiarities of formation of the cluster dispersions at a high concentration of nuclides..... 132  
*Genbach A.A., Jamankulova N.O.* Study of heat and mass transfer in capillary-porous cooling systems of a new class of energy thermal installations.....139  
*Mashekov S.A., Absadykov B.N., Alimkulov M.M.* Case history of tracks in CIS countries and their application in developing interstate standard ..... 146  
*Teltayev B.B., Aitbayev K.A., Ablaliev S.A.* Impact of underground collector on stress strain behaviour of pavement structure..... 162  
*Bahtaev Sh.A., Bochkareva G.V., Musapirova G.D., Avhadieva F.R.* Method for determining the radius of curvature of the discharge electrodes surface..... 173

**Mechanics**

- Dzholdasbekov S.W., Ibraev S.M., Sakenova A.M., Imanbaeva N.S., Nurmaganbetova A.T.* Design of hoisting bar mechanism with *Apm winmachine* computer system..... 180

**Chemistry**

- Fazylov S.D., Zhivotova T.S., Nurkenov O.A., Abdykalykov M.A., Satpaeva Zh.B., Mukashev A.B., Zhakupova A.N., Muldakhmetov M.Z.* Development of optimal parameters for production of fuel briquettes on the basis of the coal screening leftovers and coal slurries.....186  
*Malyshev V.P., Zubrina Y.S., Makasheva A.M.* Interconnection of heat and mechanical energy in the destruction of materials ..... 193



<i>Aidarova S., Tleuova A., Issayeva A., Sharipova A., Grigoriev D., Miller R.</i> Application of the pickering emulsion for encapsulation of hydrophobic agents.....	200
<i>Mamyrbekova A., Bayeshov A.B., Mamyrbekova A.</i> Electrochemical behaviour of sulphur in various environments at polarization by non-stationary currents.....	209
<i>Konurbaev A.E., Baeshov A.B.</i> Electrochemical method for producing of zinc sulphide by using sulfur- graphite composite electrode.....	214
<i>Baeshov A.B., Konurbaev A.E., Adaybekova A.A., Baeshova A.K.</i> Joint restoration of zinc and sulfite ions on glass graphite electrodes.....	222
<b>Earth Sciences</b>	
<i>Bitimbayev M.Z., Morozov Y.P., Khamidullin I.H.</i> Study of gold accumulation regularities in closed grinding cycles....	231
<i>Nitsenko A. V., Trebukhov S. A., Kasymzhanova A. K., Shendyapin A. S.</i> Determination of arsenic diffusion coefficient under reduced pressure.....	245
<i>Metaksa G.P., Buktukov N.S.</i> Yellowstone volcano. Scientific myths and reality.....	252
<b>Medicine</b>	
<i>Rakhimov K.D., Adekenov S.M.</i> Pharmacological effect of new natural drugs in combination with cytostatics on the growth of drug-resistant metastases.....	257
<i>Rakhimov K.D.</i> The induction of drug resistance metastasis of transplantable tumors in preclinical conditions.....	262
<b>Agricultural sciences</b>	
<i>Aubakirov Kh.A., Baimukhanov D.A., Rachmanov S.S.</i> Peculiarities of color types dispersion in population of horses bred at the farm «Bapysh-Seisenbay» IN Zhambyl region.....	268
<i>Asembaeva E.K., Seydakhmetova Z.Zh., Velyamov T.M., Lesova Zh.T., Nurmuhambetova D.E.</i> Functional foods. Fermented dairy products from camel milk.....	275
<b>Social Sciences</b>	
<i>Pylycphuk Ya.V.</i> Fall of Mogolistan and Uighur states in XVII-XVIII centuries.....	285
<i>Esenbekova A.B.</i> To the problems of the sustainable development of the economy and its dependence on global climate change.....	302
<i>Zhakupov B.</i> Analysis of trends exhibition activities abroad.....	309
<i>Nassimov M.O.</i> Political management: concept, structure and main types.....	316
<i>Panzabekov A.Zh., Tyurabayev G.K.</i> Stimulation of labor in the real sector of the economy: principles and approaches..	324
<i>Seitakhmetova N.L., Zhandossova Sh.M., Smagulov K.E.</i> Political aspect of problem of religious extremism	
<i>Seitakhmetova N.L., Zhandossova Sh.M., Smagulov K.E.</i> Political aspect of problem of religious extremism.....	332

---

---

**Publication Ethics and Publication Malpractice  
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

<http://www.reports-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т.А. Апендиев*  
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 10.10.2016.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
п.л. Тираж 2000. Заказ 5.

---

---

*Национальная академия наук РК*  
*050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19*