

шем плане такой подход соответствует представлению о стримерах как о самоорганизованных процессах [12] и согласуется с полученным результатом. Следует отметить, что интенсивность стримерной люминесценции (СЛ) исследуемых кристаллов сравнима с ФЛ неактивированных образцов при средних уровнях лазерного возбуждения. Этот факт и анализ спектров СЛ и ФЛ при различных температурах позволяют сделать вывод о собственном характере свечения соединений типа $A^{IV}B_2^{III}C_4^{VI}$ при стримерном возбуждении и о существенной роли излучательных процессов в формировании указанных разрядов.

Заключение. Разработан метод повышения более чем на порядок (до $\sim 10^6$ импульсов) ресурса стримерного лазера при предельных режимах работы, суть которого заключается в использовании основных свойств стримерных разрядов в полупроводниках - кристаллографической направленности и способности разряда переходить из кристалла в кристалл, а также особенностей этого перехода для стримеров разного типа. При этом необходим защитный слой из однотипного полупроводника с ориентацией, соответствующей минимальным изменениям направлений распространения стримеров на границе перехода защитный слой-излучатель. Установлено, что наличие микрорельефа в виде фигур травления с размером порядка длины волны света на поверхности перехода между защитным кристаллом и активным элементом повышает эффективность излучателя в целом. Нелинейное взаимодействие излучения разряда с полупроводником в волноводном режиме уменьшает разрушения кристаллической решетки.

На примере кристаллов CdS обнаружено влияние стримерных разрядов на излучательные свойства активной среды, проявляющееся в возникновении обратимых изменений интенсивности и перестройки ее спектра ФЛ. Предполагается, что спектральные изменения обусловлены образованием в приповерхностной области комплексов, связанных с дефектами, и процессами химического разложения кристалла под действием разрядов. Определены условия минимизации данного явления с целью повышения ресурса и стабильности характеристик стримерного лазера. Обнаружено и изучено стримерное свечение в новых перспективных соединениях $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{EuF}_3$, $\text{Ca}_m\text{Ga}_2\text{S}_n$ ($m=n-3$) с орторомбической и кубической симметрией и показано, что закономерности разрядов в слоистых кристаллах подобны свойствам стримеров в пластинчатых (квазидвумерных) средах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Basov N.G., Molchanov A.G., Nasibov A.S., Obidin A.Z., Pechenov A.N., Popov Yu.M. Laser Action in Semiconductor and Dielectrics Excited by the Electric Field // IEEE J. Quant. Electron. - 1974. - Vol. QE-10, № 9. - P. 794 - 796.
2. Грибковский В.П. Стримерное свечение в полупроводниках // ЖПС. - 1984. - Т. 40, № 5. - С.709-718.
3. Грибковский В.П., Паращук В.В., Русаков К.И. Физика стримерных лазеров: Итоги и перспективы // Лазерная фи-

- зика и спектроскопия: Сб. матер. 4-й Междунар. конф. / Гродненский гос. ун-т. - Гродно, 1999. - Ч.1. - С.38-40.
4. Грибковский В.П., Паращук В.В., Русаков К.И. О воздействии стримерных разрядов на кристаллы CdS // Физика имп. воздействий на конденс. среды: Материалы VIII науч. школы, Николаев, август 1997 г. / Ин-т имп. процессов и технол. НАН Украины. - Николаев, 1997. - С. 10.
 5. Грибковский В.П., Тагиев Б.Г., Джаббаров Р.Б., Паращук В.В. Свечение электрических разрядов в монокристаллах $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$ // Физика импульсных разрядов в конденсированных средах: Сб. материалов IX науч. школы / Ин-т имп. процессов и технол. НАН Украины. - Николаев, 1999. - С. 28-29.
 6. Паращук В.В., Русаков К.И. О динамике стримерного разряда в полупроводниках // Вестник БГТУ. Физ., мат., информ. - 2004, №5. - С.16 - 19.
 7. Грибковский В.П., Паращук В.В., Яблонский Г.П. Стримерное возбуждение генерации в высокочастотном режиме // Квантовая электроника. - 1989. - Т. 16, № 6. - С. 1145 - 1149.
 8. Грибковский В.П., Паращук В.В., Яблонский Г.П. Повышение КПД и мощности полупроводникового лазера с оптической двухфотонной накачкой // Квантовая электроника / Ин-т полупроводников АН УССР. - Киев: Наукова думка, 1990. - Вып. 38. - С. 1 - 7.
 9. Бохонов А.Ф., Творонович Л.Н., Яблонский Г.П. Дефектообразование в кристаллах CdS и ZnSe под воздействием излучения азотного и эксимерного лазеров // ФТТ. - 1988. - Т. 30, № 6. - С.1585 - 1593.
 10. Яблонский Г.П. Образование дефектов решетки в широкзонных полупроводниках A_2B_6 под воздействием излучения азотного лазера // ФТТ. - 1984. - Т. 26, № 4. - С. 995 - 1001.
 11. Яблонский Г.П., Беляева А.К. Фоторазложение полупроводников ZnS, ZnSe и CdS под воздействием УФ-излучения He-Cd-лазера // Физика и химия обработки материалов. - 1989. - № 4. - С. 30 - 34.
 12. Грибковский В.П. Стримеры в полупроводниках - кооперативные самоорганизованные процессы // Докл. АН БССР. - 1985. - Т. 29, № 10. - С. 896-898.
 13. Гурский А.Л. Лазеры с возбуждением электронным пучком на основе соединений A^2B^6 (Обзор) // ЖПС. - 1999. - Т. 66, №5. - С.601 - 618.
 14. Тагиев Б.Г., Абдуллаев А.Б., Тагиев О.Б., Джаббаров Р.Б. Люминесцентные свойства соединений $\text{A}^{IV}\text{B}_2\text{C}_4^{VI}$ // ЖПС. - 1995. - Т. 62, № 3. С. 145 - 151.
 15. Грибковский В.П., Паращук В.В., Русаков К.И. О кристаллографической ориентации стримерных разрядов // ЖТФ. - 1994. - Т. 64, № 11. - С. 169 - 171.
 16. Паращук В.В., Грибковский В.П., Русаков К.И., Прокопеня А.Н. Излучательные процессы при разряде в полупроводниках // Докл. АН Беларуси. - 1997. - Т. 41, № 3. - С. 43 - 47.

УДК 551.510.7; 645.625.162.4

Кушнер Т.Л., Куликовский Д.Г.

МОНИТОРИНГ РАДИАЦИОННОГО ФОНА В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ Г. БРЕСТА

При рассмотрении вопросов, связанных с ущербом, который наносит организму человека радиационное излучение, необходимо иметь данные об уровне радиационного фона. Человек испытывает фоновое облучение от естественных и искусственных источников. В свою очередь естественный фон кроме природной составляющей (космические излучения, радиоактивные изотопы земной коры и атмосферы, радионуклиды в организме самого человека) имеет и техногенное происхождение. Изменение человеком окружающей среды и его деятельность могут увеличить дозы "нормального"

облучения за счет естественных источников. Примеры такой деятельности - добыча полезных ископаемых, использование в домостроении строительных материалов минерального происхождения, содержащих повышенное количество радионуклидов, сжигание ископаемого топлива, в частности угля, приводящее к выбросу естественных радионуклидов (^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th и др.). Такой фактор, как простое проживание в доме, приводит к повышенному облучению, если в здании накапливаются газообразные радионуклиды и их продукты распада. Наибольший вклад в дозу облучения в этом случае

Кушнер Татьяна Леонидовна, ст. преподаватель каф. физики Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

дает тяжелый газ радон, не имеющий ни вкуса, ни запаха. Здесь подразумеваются два изотопа радона: ^{222}Rn – дочерний продукт ^{226}Ra и ^{220}Rn – продукт распада ^{232}Th . Второй изотоп дает несколько меньший вклад в дозу облучения. Основную дозу человек получает не столько от радона, сколько от продуктов его распада, находясь в закрытом непрветриваемом помещении. В зонах с умеренным климатом, к которым относится Республика Беларусь, концентрация радона в закрытых помещениях в среднем в 8 раз выше, чем в наружном воздухе [1]. В связи с выше изложенным проблема радона приобрела существенное значение. В настоящее время в ряде стран приняты допустимые концентрации радона внутри помещений. Соответствующие нормативы предусмотрены как для построенных, так и для проектируемых зданий (табл.1) [2].

Таблица 1. Нормы объемной активности радона в воздухе в зданиях (Бк/м³)

Страна	Существующие здания	Проектируемые здания
Республика Беларусь	200	100
Великобритания	200	–
Германия	200	–
Канада	400	–
Россия	200	100
США	80	–
Финляндия	400	100
Швеция	100	100
Рекомендации МКРЗ*	200	100

* Международная комиссия радиологической защиты

В 2004-2005 учебном году студентами второго курса строительных специальностей проводился мониторинг радиационного фона в жилых помещениях. Целью подобных измерений являлись: закрепление навыков оценки радиационной обстановки, сбор статистической информации. Каждый желающий измерял радиационный фон у себя дома при помощи дозиметра РКСБ-104 РАДИАН. Информация о поступивших до 1 апреля 2005 результатах измерений опубликована в сборнике студенческих научных статей [3]. Целью данной статьи является представление полного набора статистических данных для более широкого круга читателей. Измерения проводились в жилых комнатах, кухнях и ванных комнатах, которые расположены в квартирах многоэтажных домов. Результаты измерений сведены в таблицы 2 и 3 отдельно для кирпичных домов и домов из железобетона. В первой колонке таблицы указан год введения дома в эксплуатацию. Измерения проводились в течение двух месяцев, поэтому можно считать, что какие-либо колебания радиационного фона в атмосфере не оказывали влияния на результаты. Кроме общего усредненного фона в помещении многие студенты измеряли радиационный фон вблизи телевизора и компьютера, поскольку эти приборы являются источниками рентгеновского излучения и также вносят определенную дозу в облучение человека.

На рис.1-3 приведены диаграммы мощности экспозиционной дозы в исследованных помещениях. Из имеющихся данных можно сделать следующие выводы. В комнатах (рис.1) уровень фона выше 20 мкР/ч обнаружен только в одном случае. Намного больше значений, превышающих 20 мкР/ч, имеется в ванных комнатах и кухнях (рис. 2 и 3). Это может быть связано с повышенным содержанием радона в данных помещениях, поскольку он может быть растворим в воде и являться примесью природного газа, используемого для приготовления пищи. Кроме того, радон может содержаться в глинозёмах, из которых производят керамическую плитку. Почему именно 20 мкР/ч является контрольной цифрой? Если воспользоваться методикой расчета доз радиации, то мощность экспозиционной дозы в 20-22 мкР/ч является

Таблица 2. Радиационный фон в кирпичных многоэтажных домах г. Бреста (мкР/ч)

Год	Этаж	Комнаты	Кухня	Ванная	Телевизор	Компьютер
1960	4	5	8	8	5	6
1961	1	16	15	17	24	20
1962	2	15	18	20	20	17
1963	3	14	13	17	15	14
1967	4	5	8	8	5	6
1969	1	17	20		19	
1969	1	8	9	10	10	9
1970	6	10	22	21		16
1975	2	17	19	20	21	
1976	1	18	20	16	18	18
1976	4	10	15	13	16	17
1976	4	16	20	18	14	16
1977	3	14	16	12	16	
1977	3	10	14	17	12	8
1979	2	14	15	13		17
1979	7	16	16	14		17
1979	7	15	16	15		17
1979	6	15	16	16		
1979	6	13	21	20		18
1979	8	14	19	17	15	
1979	3	16	19	21		18
1980	4	12	18	23	17	15
1980	6	11	17	16	13	12
1980	2	9	14	18	11	
1980	5	15	16		15	15
1980	2	8	15	19	12	
1980	3	12	16	18	15	14
1980	8	8	15	18	10	
1980	2	14	16	16	15	15
1980	1	10	11	11	14	13
1980	2	12	15	15	13	13
1980	8	11	13	18	12	
1980	2	12	13	11	12	12
1980	5	14	14	12	19	17
1980	8	14	13	15	16	
1980	1	13	18	14	16	
1982	1	11	13	14	20	17
1983	5	18	19	23		20
1984	8	15	17	18	15	
1985	4	17	23	25	19	
1985	8	14	19	16		
1985	3	22	25	23		
1985	3	17	17	18	22	17
1985	2	15	13	11	18	
1985	1	15	20	17	14	18
1986	5	15	11	16	9	
1986	7	14	18	16	12	12
1989	5	16	19	17	18	
1990	1	16	18	17	19	18
1990	1	17	21	20	24	23
1991	5	13	13	18	21	17
1991	6	9	9	9	13	13
1991	2	17	21	23		
1991	1	13	15		14	13
1991	1	18	20	20	23	
1991	7	15	13	15	16	
1992	3	20	12	16	20	20
1995	5	13	15	18	17	17
1995	2	12	19	17	12	18
1998	5	11	9	12	16	17
2000	9	15	16	16	14	
2002	4	10	12	14		16

предельно допустимой. В противном случае фон считается повышенным, а эквивалентная доза, получаемая человеком, превышает допустимый предел, установленный нормами радиационной безопасности [4].

Таблица 3. Радиационный фон в бетонных многоэтажных домах г. Бреста (мкР/ч)

Год	Этаж	Комнаты	Кухня	Ванная	Телевизор	Компьютер
1972	7	13	14	15	10	16
1975	8	12	13	11		
1976	8	15		15		
1980	3	14	16	14		
1980	5	12	10	12	15	13
1981	8	14	20	19		
1983	5	18	19	23		20
1983	1	14	15	13	17	
1984	5	18	19	17	21	20
1985	5	12	20	20	18	
1986	6	18	19	20	22	
1987	9	14	13	11	16	16
1987	8	7	9	10	11	
1988	5	13	14	16	19	
1989	1	14	13	15		
1989	8	16	17	15	17	
1990	4	15	16	21		
1991	1	18	22	25	19	
1992	2	12	14	18	13	19
1992	3	11	7	12	16	18
1992	4	11	6	13	17	
1993	1	17	21	24	19	
1994	3	14	16	14		
1994	5	17	17	18	17	21
1997	5м**	15	12	13	29	14
1997	11м	16	17	14		
2000	10	12	12	11	17	17
2000	10	17	16	20	17	18

** м – монолит, во всех остальных случаях крупнопанельное домостроение

Поскольку в настоящее время измерения концентрации радона в помещениях практически не производятся, то необходимо знать о мерах, которые можно предпринять для ее уменьшения. Если за исходное число принять допустимую удельную активность радона в 100 Бк/м³, то при условии полностью закрытых дверей и окон в помещениях кирпичного дома она увеличится в 8 раз приблизительно через 20 часов. Проветривание такого помещения в течение часа снизит содержание радона до значений, соответствующих его концен-

трации в наружном воздухе [1]. Необходимо учитывать, что концентрация радона в помещениях может зависеть от строительных материалов, применяемых при отделке. Так, достаточно хорошими “излучателями” радона являются гранит и мрамор, щебень и керамзит. Кроме того, в последнее время в отделочных работах стал применяться так называемый фосфогипс. На сегодняшний день известно, что фосфатные шлаки являются одними из наиболее сильных источников радона. Не смотря на свою дешевизну, строительные материалы из них являются источником дополнительного облучения человека.

В условиях техногенного повышения радиационного фона целесообразно проводить измерения концентрации радона во всех помещениях и принимать соответствующие меры по уменьшению его содержания. Это смогло бы существенно снизить дозовую нагрузку на человека со стороны естественных источников радиации. Желательно, чтобы каждый житель Республики Беларусь знал уровень радиационного фона в той местности, где он проживает. При проведении анкетирования студентов 1 курса экономического и 2 курса строительного факультетов с целью выявить, какой “багаж знаний” имеют студенты после школы в курсе “Радиационная безопасность”, лишь 16,3 % “строителей” 14,3 % “экономистов” сообщили, что знают уровень гамма-фона в своем населенном пункте [5]. Считают необходимым изучение курса “Радиационная безопасность” в высшем учебном заведении для будущего инженера 71,3 % студентов-строителей, для будущего экономиста – 71,1 % студентов этого направления.

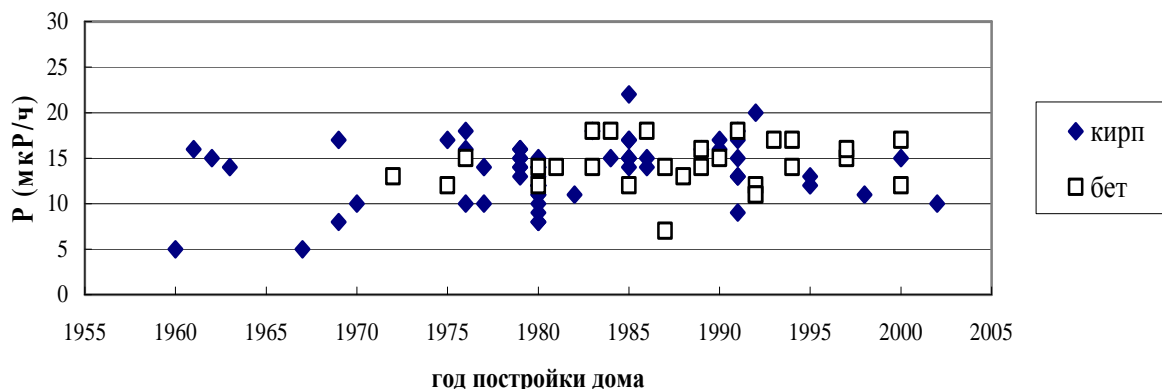
Радиоэкологическое воспитание студентов [6] должно быть связано с решением специальных задач в процессе обучения: усвоение системы радиоэкологических знаний; формирование ценностных ориентаций; усвоение норм и правил радиационной гигиены; развитие умений и навыков в области радиационной безопасности; активизация деятельности по радиологическому мониторингу окружающей среды.

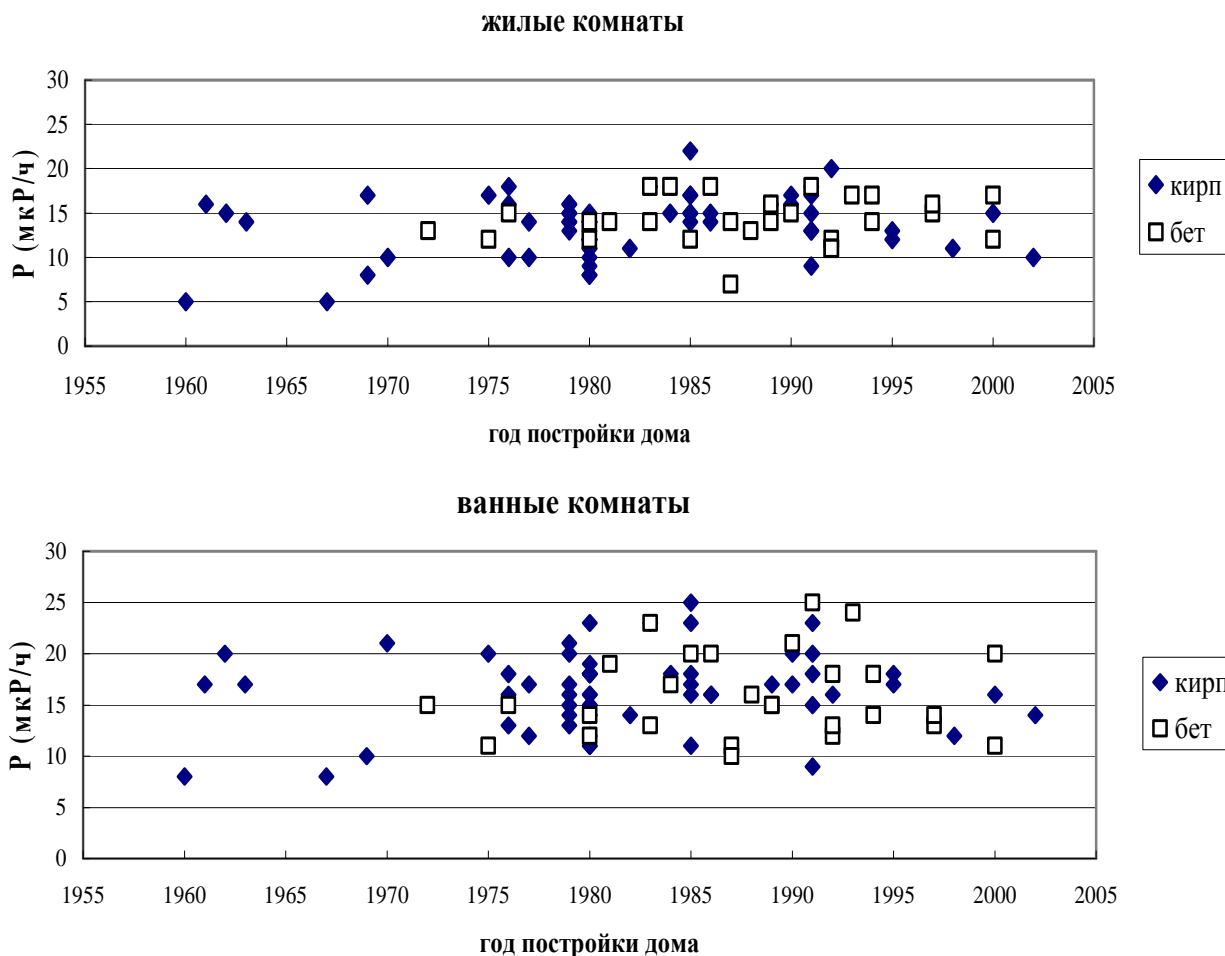
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Машкович В.П., Панченко А.М. Основы радиационной безопасности. — М., Энергоатомиздат, 1990. — 175 с.
2. Асаенок И.С. Навоша А.И. Радиационная безопасность. — Мн., Бестпринт, 2004. — 105 с.
3. Куликовский Д.Г. Мониторинг радиационного фона в жилых помещениях г.Бреста // Сборник конкурсных работ студентов и аспирантов БГТУ. Брест, 2005. — С. 156—158.
4. НРБ – 2000. — Республиканский центр гигиены и эпидемиологии Министерства здравоохранения Республики Беларусь. — Мн., УП «ДИЭКОС», 2000. — 140 с.
5. Кушнер Т.Л., Янусик И.С., Хуснутдинова В.Я., Швец М.И. Предмет “Радиационная безопасность” в образовательном процессе // Материалы конференции «Новые образовательные технологии в экологической подготовке студентов», 3-4 июня 2005, Брест.
6. Котловский О.А. Проблемы фарміравання радыяэкалагічнай культуры асобы // Народная асвета. — № 7 — 1998. — С. 44—48.

Радиационный фон в кирпичных и бетонных жилых домах г. Бреста

ЖИЛЫЕ КОМНАТЫ





УДК 531

Прокопья А.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАВНОВЕСНЫХ РЕШЕНИЙ ОБОБЩЕННОЙ ЗАДАЧИ СИТНИКОВА

ВВЕДЕНИЕ

Хорошо известно, что разработка КАМ-теории позволила решить целый ряд задач об устойчивости движения в классической и небесной механике [1]. Характерным примером является знаменитая проблема устойчивости треугольных лагранжевых решений ограниченной задачи трех тел [2]. Она была поставлена более двухсот лет назад, но только с появлением КАМ-теории в ее исследовании был достигнут существенный прогресс, а в некоторых случаях получены исчерпывающие результаты [3]. При этом были разработаны достаточно общие методы, позволяющие проанализировать устойчивость систем, для которых уравнения движения могут быть записаны в гамильтоновой форме [4]. Тем не менее, в каждом конкретном случае реализация этих методов требует как адаптации имеющихся, так и разработки новых алгоритмов вычислений, которые, как правило, очень громоздки и могут быть выполнены только с помощью компьютера и современного программного обеспечения.

В данной работе исследуется устойчивость положения равновесия частицы P_0 пренебрежимо малой массы в случае эллиптической ограниченной задачи многих тел типа "задачи

Ситникова" [5]. Гравитационное поле генерируется системой n частиц одинаковой массы m , движущихся в плоскости xOy инерциальной барицентрической системы координат по эллиптическим орбитам, определяемым соответствующим решением задачи n тел [6], и находящихся в любой момент времени в вершинах правильного n -угольника. При подходящих начальных условиях частица P_0 будет двигаться только вдоль оси Oz , которая является осью симметрии системы. Соответствующая конфигурация в случае $n = 3$ показана на рис. 1. В цилиндрических координатах (r, φ, z) движение частиц P_1, P_2, \dots, P_n определяется уравнениями:

$$r_j = \frac{p}{1 + e \cos v}, \quad \varphi_j = v + \frac{2\pi}{n} j, \quad z_j = 0, \\ r_j^2 \frac{dv}{dt} = c = const \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

где p, e – параметр и эксцентриситет эллиптических орбит частиц соответственно, v – истинная аномалия, а постоянный

Прокопья Александр Николаевич, доцент, к.физ.-мат.н., кафедра физики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.