

ДЕЗАКТИВИРУЮЩИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ БУТИЛАКРИЛАТНЫХ ЛАТЕКСОВ

М.А. Тулешова, В.К. Милинчук

*Обнинский государственный технический университет атомной энергетики,
г. Обнинск*



В статье приведены результаты исследования формирования и поверхностных свойств дезактивирующих полимерных покрытий на основе бутилакрилатных латексов на моделирующих твердых подложках – сталь 3, нержавеющая сталь, гетинакс, полиметилметакрилат (ПММА). Установлено, что время формирования пленок зависит от минимальной температуры пленкообразования. Поверхностные натяжения латексных пленок лежат в интервале от 32 до 43 мДж/м², твердых подложек – от 37–46 мДж/м². Доля полярной компоненты поверхностного натяжения у всех полимерных пленок приблизительно одинакова и составляет ~ 70%; у твердых подложек отличается в 3–4 раза. Величины работы адгезии составляют 88–104 мДж/м², величины когезии лежат в интервале от 64 до 86 мДж/м². Способность адсорбировать загрязнения у всех латексных пленок примерно одинакова. Оценивается перспективность применения этого типа латексов в качестве дезактивирующих покрытий для ЯЭУ.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наиболее широко используются «жидкостные» методы дезактивации ядерных энергетических установок (ЯЭУ), которые обладают рядом серьезных недостатков, в частности, большим количеством жидких радиоактивных отходов (ЖРО), переработка которых весьма энергозатратна и дорогостоящая. Кроме того, при проведении жидкостной дезактивации возможно возникновение коррозии конструкционных материалов.

Поэтому все большее внимание уделяется изучению методов дезактивации, которые позволят уменьшить количество ЖРО, например, обработке пеной и перегретым паром; пароземulsionному способу, дезактивации гелями, эмульсиями, пастами [1]. Одним из перспективных методов химической дезактивации может быть использование удаляемых с твердых поверхностей дезактивирующих полимерных покрытий [2, 3]. Растворы, содержащие полимерные латексы, наносятся на дезактивируемую поверхность различными средствами. После затвердевания образовавшиеся пленки с включенными в них загрязнениями механически удаляются с поверхности. Преимущества подобного метода: образование только твердых радиоактивных органических отходов в небольших количествах; исключение диспергирования радиоактивности; эффективная дезактивирующая способность; снижение трудозатрат; применение стандартных методов нанесения полимерных композиций на поверхности сложных форм.

© М.А. Тулешова, В.К. Милинчук, 2004

Одними из перспективных дезактивирующих покрытий являются съемные полимерные покрытия, получаемые из растворов латексов, которые легко наносятся на поверхность, а образующиеся из них полимерные пленки достаточно легко удаляются с твердых поверхностей. Коэффициенты очистки такими полимерными пленками, определяемые как отношение исходного уровня к конечному уровню радиоактивного загрязнения, составляют для нержавеющей стали 40–50, а для поливинилхлоридного пластика 20–25 [4]. Целью настоящей работы является подбор таких латексов, полимерные пленки которых можно было бы использовать в качестве эффективного дезактивирующего покрытия. Критерии при выборе латекса – его производство в промышленном масштабе, невысокая стоимость, а также технически нетрудоемкое нанесение латекса на дезактивируемую поверхность и достаточно простое удаление полимерного покрытия с твердой подложки.

Возможность использования латекса в качестве дезактивирующего материала определяется, прежде всего, характером физико-химического взаимодействия латексной пленки и твердой подложки. Поэтому на данном этапе работы основное внимание было уделено исследованию степени смачиваемости латексом поверхности твердых подложек (металлических и органических), а также таких поверхностных свойств латексных полимерных пленок и твердых подложек, как поверхностное натяжение, работы адгезии и когезии.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

В качестве объекта исследования были взяты образцы водоразбавляемых латексов, которые синтезируются и производятся в промышленных объемах в филиале НИФХИ им. Л. Я. Карпова (г. Обнинск).

В работе исследовались бутилакрилатные латексы, представляющие собой статистические сополимеры бутилакрилата (~ 50%), акрилонитрила (~ 5–45%) и метакриловой кислоты (~ 2–5%), полученные методом эмульсионной сополимеризации мономеров и радиационного сшивания полимера в латексной форме. Объектами исследований служили латексы трех типов: БАК 2Э (массовая доля сухого вещества 40%, минимальная температура пленкообразования (МТП) 5°C); БАК Ш (48% дисперсной фазы, МТП 0°C); БАК Р (40% дисперсной фазы, МТП (15–20)°C). Полимерные пленки формировали методом налива латекса объемом ~0.8 мл на твердые подложки площадью ~10 см² и выдержке на воздухе при комнатной температуре до достижения постоянной массы образца. О скорости формирования пленок судили по потере массы образцов, обусловленной испарением из них воды. Кинетику формирования латексной пленки определяли гравиметрическим методом по зависимости массы образца от времени. Массу образцов измеряли на аналитических весах ВЛ-200 2-го класса точности. Время формирования пленки определяется временем, за которое масса пленки достигает постоянной величины.

В качестве твердых подложек были взяты образцы стали 3 и нержавеющей стали 12Х18Н10Т толщиной 3–5 мм, гетинакса и полиметилметакрилата (ПММА) толщиной 5–10 мм.

Краевой угол смачивания жидкостью подложки θ измеряли методом лежащей капли [5]. Поверхностные натяжения латексов, полимерных пленок, твердых подложек определяли по методике, описанной в [6].

Величина работы адгезии определялась по закону Юнга [7]

$$W_A = \gamma_{жг} (1 + \cos \theta), \quad (1)$$

где $\gamma_{жг}$ – поверхностное натяжение на границе жидкость–газ; θ – краевой угол смачивания.

Величина работы когезии равна

$$W_k = 2 \gamma_{\text{тг}}, \quad (2)$$

где $\gamma_{\text{тг}}$ – поверхностное натяжение на границе твердое тело–газ.

Предполагается, что эффективность удаления загрязнений с твердой подложки зависит от степени смачиваемости поверхности латексом. Критерием способности жидкости смачивать поверхность твердого тела является величина

$$B = \cos \theta, \quad (3)$$

где θ – краевой угол смачивания жидкостью поверхности.

Толщину полимерных пленок, образующихся после испарения воды из латексов, определяли микрометром Ш-1763. Под минимальной толщиной пленки подразумевается та наименьшая ее толщина, при которой пленка без разрушения полностью удаляется с поверхности твердой подложки методом механического отслаивания.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрим процесс формирования пленок из латексов на различных твердых подложках. Типичные кинетические кривые формирования латексных пленок на металлических и органических подложках имеют вид, представленный на рис. 1.

Значения времен формирования латексной пленки на различных типах подложек приведены в табл. 1. Видно, что пленка из латекса марки БАК Ш формируется быстрее, чем из латексов марки БАК 2Э и марки БАК Р. Медленнее всего пленка формируется из латекса марки БАК Р. МТП принимается за основной критерий пленкообразования из латексов [8]. Латекс марки БАК Ш характеризуется наименьшей величиной МТП (0°C) по сравнению с латексами БАК 2Э (5°C) и БАК Р (15–20°C). Видно, что время формирования пленки уменьшается с уменьшением МТП. Чем меньше МТП, тем больше степень деформации частиц и меньше время формирования пленки.

Таблица 1

Время формирования полимерных пленок из бутилакрилатных латексов в зависимости от типа твердой подложки

Материал подложки	Время формирования пленки, мин ²		
	БАК Ш	БАК 2Э	БАК Р
Сталь 3	100	110	120
Нержавеющая сталь	130	140	170
ПММА	120	140	170
Гетинакс	135	160	175

Экспериментально установлено, что минимальная толщина пленки для механического снятия ее без разрушения с поверхности подложки составляет для латекса марки БАК Ш – не менее 34 мкм, а для полимерных пленок из латексов марок БАК 2Э и БАК Р – не менее 17 мкм.

Поверхностное натяжение на границе латекс–газ для латекса марки БАК Ш (61.0 мДж/м²), как видно из табл. 2, больше, чем для латексов марки БАК 2Э (57.8 мДж/м²) и БАК Р (54.1 мДж/м²). Латекс марки БАК Ш также обладает наибольшей величиной полярной составляющей поверхностного натяжения.

Значения величин поверхностного натяжения, его полярной и дисперсионной компоненты твердых подложек и латексных пленок приведены в табл. 3. Видно, что по-

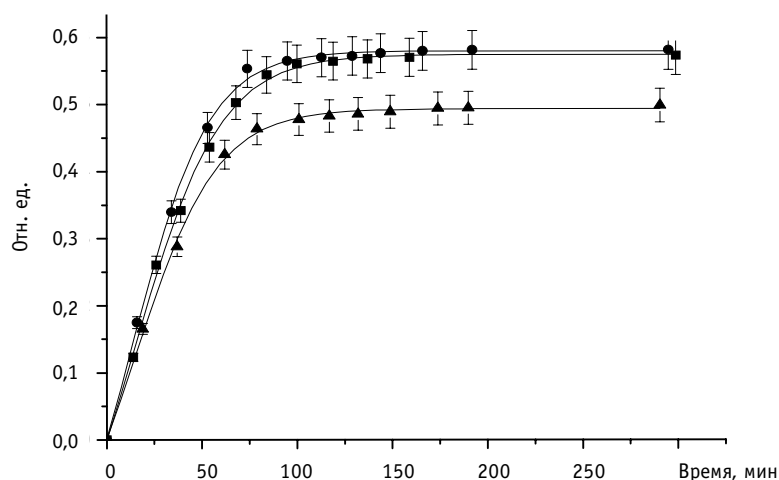


Рис.1. Типичные кривые потери влаги из образцов бутилакрилатных латексов при формировании полимерных пленок при комнатной температуре на воздухе на подложке из стали 3 в зависимости от времени: ■ БAK P; ● БAK 2Э; ▲ БAK Ш

верхностные натяжения подложек различаются на ~20% и лежат в интервале от 37 (сталь 3) до ~45 мДж/м² (нержавеющая сталь, гетинакс). У полимерных пленок поверхностные натяжения лежат в диапазоне от 32 до 43 мДж/м², т. е. они несколько меньше, чем у твердых подложек, и в зависимости от марки латекса, отличаются на 20–35%.

Основной вклад в величину поверхностного натяжения полимерных пленок вносит полярная компонента (до 70–75%). Наименьшей величиной полярной компоненты поверхностного натяжения обладает сталь 3 ~20%, у нержавеющей стали ~60%, гетинакса ~80%, ПММА ~85%. Таким образом, в отличие от полимерных пленок, полярные компоненты у твердых подложек существенно различаются. Наименьшим поверхностным натяжением и наименьшей полярностью обладает сталь 3. Различие в величинах поверхностных натяжений полимерных пленок и твердых подложек лежит в пределах ~10–15%.

Смачиваемость стали 3 бутилакрилатными латексами, как видно из табл. 2, хуже по сравнению с нержавеющей сталью и органическими материалами. Из анализа данных о поверхностном натяжении подложек на границе твердое тело–газ (табл. 3) и смачиваемости материалов подложек латексами (табл. 2) следует, что с увеличе-

Таблица 2

Поверхностные натяжения на границе латекс–воздух $\gamma_{жг}$, его полярная $\gamma_{жг}^p$ и дисперсионная $\gamma_{жг}^d$ компоненты бутилакрилатных латексов. Смачиваемость В твердых подложек бутилакрилатными латексами

Величина	Марка латекса		
	БАК Ш	БАК 2Э	БАК Р
$\gamma_{жг}/\gamma_{жг}^p/\gamma_{жг}^d$, мДж/м ²	61.0/39.4/21.6	57.8/36.9/20.9	54.1/36.0/19.0
Материал подложки	Смачиваемость В		
сталь 3	0.57	0.60	0.64
нерж. ст.	0.67	0.71	0.75
ПММА	0.60	0.71	0.70
гетинакс	0.69	0.71	0.76

Таблица 3

Поверхностные натяжения подложек и латексных пленок на границе твердое тело-воздух $\gamma_{тг}$, его полярная $\gamma_{тг}^p$ и дисперсионная $\gamma_{тг}^d$ компоненты

Величина	Материал подложки				Марка латекса		
	сталь 3	нерж. ст.	ПММА	гетинакс	БАК Ш	БАК 2Э	БАК Р
$\gamma_{тг}$, мДж/м ²	37.4	43.5	41.2	45.7	32.0	38.8	42.9
$\gamma_{тг}^p$, мДж/м ²	8.4	27.0	35.0	37.0	22.2	29.4	30.8
$\gamma_{тг}^d$, мДж/м ²	29.0	16.4	6.2	8.7	9.8	9.4	12.1

нием поверхностного натяжения подложки повышается смачиваемость последней латексами. Между полярной составляющей поверхностного натяжения подложек на границе твердое тело-газ и смачиваемостью подложек латексами такая зависимость не наблюдается. Таким образом, наименьшая величина поверхностного натяжения подложки из стали 3 обуславливает ее худшую смачиваемость по сравнению с нержавеющей сталью и органическими подложками.

Латекс марки БАК Ш смачивает поверхности подложек в меньшей степени по сравнению с латексами марки БАК 2Э и БАК Р. Между поверхностными натяжениями латексов на границе жидкость-газ и смачиваемостью подложек (табл. 2) также наблюдается следующая зависимость: чем меньше поверхностное натяжение латекса, тем лучше он смачивает поверхность подложки. Таким образом, наибольшая величина поверхностного натяжения латекса марки БАК Ш обуславливает его относительно низкую способность смачивать поверхности подложек по сравнению с латексами марки БАК 2Э и БАК Р.

Величины работ адгезии и когезии бутилакрилатных латексов на твердых подложках приведены в табл. 4. Наибольшей работой адгезии обладают композиции, состоящие из полимера латекса марки БАК Ш и твердых подложек (96.0–103.3 мДж/м²), наименьшей – из полимера латекса марки БАК Р (88.5–95.2 мДж/м²). Полимер из латекса марки БАК Ш обладает наименьшей когезионной прочностью (64.0 мДж/м²), а БАК Р – наибольшей (85.8 мДж/м²).

С точки зрения удобства удаления полимерной пленки с поверхности подложки, наибольший интерес представляет соотношение работы когезии и адгезии. Из табл. 4 видно, что эти соотношения наибольшие для композиций сталь 3 – полимеры из латексов БАК Ш, БАК 2Э и БАК Р (~ 0.67–0.97); наименьшие для твердых подложек и

Таблица 4

Работа адгезии W_A , работа когезии W_K пленок, сформированных из бутилакрилатных латексов, и их отношение

Материал подложки	Марка латекса					
	БАК Ш	БАК 2Э	БАК Р	БАК Ш	БАК 2Э	БАК Р
	Работа адгезии W_A , мДж/м ²			W_K / W_A		
сталь 3	69.4	76.2	80.3	0.92	1.02	1.07
нерж. ст.	75.5	82.3	86.4	0.85	0.94	0.99
ПММА	73.2	80.0	84.1	0.87	0.97	1.02
гетинакс	77.7	84.5	88.6	0.82	0.92	0.97
Работа когезии W_K , мДж/м ²	64.0	77.6	85.8	-	-	-

полимера из латекса марки БАК Ш (~ 0.62–0.67). Легче всего с твердой подложки удаляются полимерные пленки, характеризующиеся наибольшей величиной отношения работы когезии к работе адгезии. Это отношение наибольшее для пленок, сформированных из латексов марки БАК Р и БАК ЭЭ. Легче всего полимерная пленка удаляется со стали 3, а труднее всего с гетинакса.

Предварительные эксперименты по очистке подложки из стали 3 от продуктов коррозии показали, что полимерные пленки на основе бутилакрилатных латексов при однократном применении снижают начальное загрязнение поверхности подложки в 1.5–2 раза, при повторном применении – в 2–3.5 раза. Наибольшая степень очистки достигается в случае использования пленок из латекса марки БАК Р, наименьшая – из латекса марки БАК Ш. Между величиной коэффициента очистки поверхностей от загрязнений и смачиваемостью подложек наблюдается следующая зависимость – с увеличением степени смачиваемости подложки латексами коэффициент очистки полимером подложки возрастает.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предварительные результаты исследований полимерных покрытий на основе водоразбавляемых бутилакрилатных латексов показали перспективность их применения в качестве дезактивирующих покрытий для оборудования и помещений ЯЭУ. В дальнейшем с целью определения наиболее технически эффективных и приемлемых по стоимости полимерных покрытий для возможного применения в качестве дезактивирующих и защитных покрытий предполагается провести поиск и исследования других типов латексов. Также будут проведены исследования радиационной стойкости полимерных пленок из латексов, в значительной степени определяющей их работоспособность в радиационных полях ЯЭУ.

Авторы выражают благодарность сотрудникам филиала НИФХИ им. Л.Я. Карпова к.х.н. В.Р. Дуфлоту и к.х.н. В.В. Поликарпову за предоставленные образцы бутилакрилатных латексов и полезные обсуждения.

Литература

1. Decontamination of nuclear facilities to permit operation, inspection, maintenance, modification on plant decommissioning. – Vienna: IAEA, 1985. (Technical reports, series № 249).
2. ГОСТ 4.54-79. Покрытия полимерные защитные изолирующие, дезактивирующие и аккумулярующие.
3. ГОСТ 19465-74. Покрытия полимерные защитные для улучшения радиационной обстановки.
4. Лебедева Н. Н., Шитов В. С., Гусакова Н. С., Царев О. П. Латексный состав для дезактивации радиоактивных загрязнений на атомных электростанциях // Лакокрасочные материалы и их применение. – 1982. – № 6. – С. 13.
5. Wu S. Polymer Interfaces and Adhesion. New York Marcel Dekker. – 1982. – P. 318.
6. Гильман А.Б., Венгерская Л.Э., Григорьева Г.А., Потапов В.К. // Химия высоких энергий. – 1999. – Т. 33. – № 6. – С. 467.
7. Амбрамзон А.А., Шукин Е.Д. Справочник «Поверхностные явления и поверхностно - активные вещества». – Л.: Химия, 1984.
8. Vries A. de, Dalitz V. // Rubb. Chem. Technol. – 1954. – V. 37. – P. 41, 1047.
9. Зубов П.И., Сухарева Л.А. Структура и свойства полимерных покрытий. – М.: Химия, 1982. – 256 с.

Поступила в редакцию 19.02.2004

УДК 621.039.51

On Safety Non-reactor Management of Fissile Materials when a Weak Neutron Source is Available\ Yu.V. Volkov, V.V. Frolov; Editorial board of Journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy, Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2004. – 5 pages, table, 3 illustrations. – References, 5 titles.

The authors have studied factors contributing into delay of accelerating process when a linear input of super criticality into a system containing fissile materials takes place, there being a weak inherent internal neutron source.

A straightforward procedure of assessing mean time of delay for the acceleration process as well as the multiplication factor at which the process starts developing have been proposed

УДК 621.039.526

Physical Model of Stress-strain State of BN-type Reactor Absorber Pins in Conditions of Absorber-cladding Mechanical Interaction\ A.A. Touzov, A.A. Kamaev; Editorial board of Journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy, Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2004. – 7 pages, 1 table, 3 illustrations. – References, 12 titles.

The main problem arising at evaluating the control rod absorber elements efficiency of the BN-type reactors for conditions of absorber high burn up is a correct account of swelling absorber cladding mechanical interaction. To solve this task there has been developed a physical model of complicated stressed-strained state calculation for the absorber element under steady operation conditions. Main hypotheses have been formulated for the scheme of cladding loading due to inner pressure of the absorber stack with taking into account of swelling and creep effects and unidirectional plastic strains for cladding. The list of initial data required has been defined.

An analysis of published domestic and foreign data for recorded cases of cladding failure as a result of mechanical interaction with absorber has been carried out. Based on the analysis results the test model for verification of the calculation procedure element efficiency evaluation has been chosen, and initial data for calculations have been prepared.

УДК 502.3: 546.42

Analysis of Forecast of Sr-90 Run-off with the Techa River Water\ Yu.G. Mokrov; Editorial board of Journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy, Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2004. – 7 pages, 4 table, 1 illustration. – References, 8 titles.

Analysis of the Techa River contamination forecast made 10 years ago, is made with the use of a simple prediction model based on hydrological monitoring of the river system and expert assessments of ^{90}Sr inflow into the open hydrographic system. It is shown that prediction estimated obtained earlier correspond to up-to-date tasks on Sr-90 runoff in the Techa River middle stream (Muslyumovo village). The conclusion is approved that at the moment the Techa River system in the sate of radioactive contamination stabilization. For future predictions it is proposed to use verified data on ^{90}Sr filtration capacity from the from the Techa Reservoir cascade in the open hydrographic system.

УДК 621.039.75

Deactivating Polymeric Coats on the Basis of Butylacrilate Latexes\ M.A. Tuleshova, V.K. Milinchuk; Editorial board of Journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy, Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2004. – 6 pages, 4 tables, 1 illustration. – References, 9 titles.

In the article the results of investigation of formation and surface properties of deactivating polymeric coats on the basis of butylacrilate latexes on modeling solid substrates (steel 3, stainless steel, micarta, poly (methyl methacrylate) (PMMA)) is given. Set that the heating-up period of films depends on minimum temperature of formation of a film. The interfacial tensions of latex films lie in an interval from 32 up to 43 mJ/m², solid substrates – from 37 – 46 mJ/m². The share polar builders of interfacial tension for all polymeric films is approximately identical and makes ~ 70 %; for solid

substrates differ in 3 – 4 times. The quantities of power of adhesion make 88 – 104 mJ/m², the quantities of cohesion lie in an interval from 64 up to 86 mJ/m². Ability to adsorb contaminations for all latex films is approximately identical. The prospects of application of this type of latexes are estimated as deactivating coats for NPP.

УДК 621.039.51

Transport Evaluated Files to Study Particle Transport in Materials Irradiated by Neutrons with Energies up to 150 MeV \ A.Yu. Konobeyev, Yu.A. Korovin, G.B. Pilnov, A.Yu. Stankovskiy, A.A. Andrianov; Editorial board of Journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy, Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2004. – 7 pages, 1 table, 5 illustrations. – References, 35 titles.

A new evaluated neutron nuclear data library «Transport Evaluated Files, TREF» to study neutron transport in materials irradiated by neutrons have been elaborated. The files constituting the library contain nuclear data for neutronics calculations for 242 nuclides ranging with atomic number from 8 to 82 in the energy region of primary neutrons from 10⁻⁵ eV to 150 MeV. Below 20 MeV data are taken mainly from ENDF/B-VI (Revision 8) and for some nuclides – from JENDL-3.3 and JEFF-3.0 libraries. The evaluation of emitted particle energy and angular distributions at the energies above 20 MeV was performed with the help of the ALICE/ASH code and the analysis of available experimental data. The results of calculation were adjusted to the data from ENDF/B-VI, JENDL-3.3 or JEFF-3.0 at the neutron energy equal to 20 MeV. The files are written in ENDF-6 format.

УДК 621.039.54

The Method of Calculation of Radiation Conditions around the Shipping Casks with SNF \ V.A. Opalovsky, G.V. Tikhomirov, E.F. Kryuchkov; Editorial board of Journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy, Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2004. – 7 pages, 2 tables, 2 illustrations. – References, 10 titles.

The exploitation of nuclear reactors result in constitution of spent nuclear fuel (SNF). It is necessary to know radiation characteristics of SNF independently of the scenario of management with SNF. There are examination of radiation characteristics on the phases of storage and transportation in shipping casks presented in this article. The characteristic property of this article is the calculate of SNF characteristics by the combined using of SCALE and MCNP programs. The complex SCALE is using for calculations of radiation source. The MCNP program is using for calculations of transfer of radiation.

УДК 621.039.526: 621.039.546.8

Hydraulic Test Facility for Testing of Model Nuclear Reactor \ E.F. Avdeev, I.A. Chusov, A.Ya. Ustujanin, V.V. Maksimovskiy, D.S. Lazikyan, V.A. Levchenko, S.V. Borodastov, I.N. Leonov, V.A. Belugin, Yu.D. Levchenko, Yu.S. Yur'ev; Editorial board of Journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy, Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2004. – 14 pages, 3 tables, 8 illustrations. – References, 8 titles.

Describing of the main design and hydraulic characteristics of the «MR» test facility created in the «Thermophysics» department is presented in this paper. Equipment, circulating loop of the coolant, hydraulic two-loop reactor model and measuring systems are also described. Scientific and education purposes of this test facility are presented.

УДК 621.039.542: 536.24

Heat Exchange to Lead Coolant in the Annual Gap at Controller Oxygen Content \ A.V. Beznosov, A.V. Semyonov, S.S. Pinaev, A.D. Efanov, Yu.I. Orlov, A.V. Zhukov; Editorial board of Journal «Izvestia visshikh zavedeniy, Yadernaya energetika» (Communications of Higher Shools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2004. – 9 pages, 7 illustratins. – Reference, 2 titles

Results of experimental investigations of a convective heat exchange are resulted in leads heat-transfer agent in an annular gap in conditions of regulating and the surveillance of oxygen content.