

УДК 621.319.4

В.И. ГУНЬКО, А.Я. ДМИТРИШИН, С.О. ТОПОРОВ**ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМБИНИРОВАННОГО ПЛЕНОЧНОГО ДИЭЛЕКТРИКА НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ И ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНОЙ ПЛЕНОК**

Розглянуто результати досліджень електрофізичних характеристик різних конструкцій комбінованого поліпропіленово-поліетилентерефталатного діелектрика для високовольтних імпульсних конденсаторів. На основі проведених експериментів на макетах секцій конденсатора проаналізовані фактори, що впливають на електричний опір ізоляції та короточасну електричну міцність.

Ключові слова: плівковий діелектрик, полярність діелектрика, електричний опір ізоляції, електрична міцність, високовольтний імпульсний конденсатор.

Рассмотрены результаты исследований электрофизических характеристик различных конструкций комбинированного полипропиленово-полиэтилентерефталатного диэлектрика для высоковольтных импульсных конденсаторов. На основе проведенных экспериментов на макетах секций конденсатора проанализированы факторы, влияющие на электрическое сопротивление изоляции и кратковременную электрическую прочность таких диэлектрических структур.

Ключевые слова: пленочный диэлектрик, полярность диэлектрика, электрическое сопротивление изоляции, электрическая прочность, высоковольтный импульсный конденсатор.

Results of researches of the electrical characteristics of various designs combined polypropylene (PP) – polyethylene terephthalate (PET) dielectric for high-voltage pulse capacitors are reviewed. On the basis of experiments on mockups of the capacitor sections are analyzed factors, such as the polarity of the capacitor plates and films, affecting the electrical insulation resistance and short-term dielectric strength of such dielectric structures. Recommendations about using dielectric structures as capacitor insulation are given. It is found that with an increase of the polar component in the dielectric film structure electric insulation resistance decreases. The greatest electrical resistance of insulation has dielectrics structure PP + PP + PET, and the magnitude of the electrical insulation resistance is greatest when the PP film is located at the electrode positive polarity. The highest dielectric strength has the structure of PET + PET + PP, and the value of dielectric strength is greatest when the electrode of positive polarity is on the PET film.

Keywords: film dielectric, dielectric polarity, electrical insulation resistance, dielectric strength, high-voltage pulse capacitor.

Введение. В последние годы стала актуальной тенденция усовершенствования высоковольтных импульсных конденсаторов путем применения в их конструкциях в качестве рабочего диэлектрика различных вариантов исполнения чисто пленочной изоляции [1]. В работах [2, 3] приведены характеристики высоковольтных импульсных конденсаторов на основе полиетилентерефталатного диэлектрика, а в [4] – на основе полипропиленового и комбинированного полипропиленово-полиэтилентерефталатного диэлектриков.

В результате проведенных в ИИПТ НАН Украины исследований получено, что наиболее перспективным для применения в конструкциях высоковольтных импульсных конденсаторов для электроимпульсных установок различного технологического назначения является комбинированный полипропиленово-полиэтилентерефталатный диэлектрик [5-7].

Исследования по применению в различных конструкциях высоковольтных импульсных конденсаторов пленочных диэлектриков в основном были направлены на изучение их электрической прочности, прогнозирование их долговечности и оценку возможности унификации применяемых конструкций диэлектриков [4, 6-9]. Вместе с тем, определенный интерес представляет и оценка влияния на электрофизические характеристики пленочного диэлектрика соотношения полярной и неполярной составляющих в структуре пленочного диэлектрика и полярности прилегающих к ним обкладок секции.

Цель данной работы – оценить влияние расположения полярной и неполярной составляющих в комбинированном пленочном диэлектрике высоковольтного импульсного конденсатора на его электрофизические характеристики.

Основная часть. В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований электрического сопротивления изоляции $R_{из}$ и электрической прочности $U_{пр}$ ряда структур пленочного диэлектрика на основе неполярной полипропиленовой (ПП) и полярной полиэтилентерефталатной (ПЭТ) пленок при различном их процентном содержании в диэлектрике – x пленки ПЭТ и $(1-x)$ пленки ПП.

Исследования проводились на макетах секций высоковольтного импульсного конденсатора с трехслойным комбинированным полипропиленово-полиэтилентерефталатным диэлектриком, применяемым в конструкциях высоковольтных импульсных конденсаторов ИИПТ НАН Украины [4-6].

Исследовались две структуры комбинированного пленочного диэлектрика – с преобладанием неполярной и с преобладанием полярной составляющей.

Структур с преобладанием неполярной составляющей было выбрано четыре варианта:

– толщиной 30 мкм, состоящий из двух слоев полипропиленовой пленки толщиной 10 мкм, разделенных одним слоем полиэтилентерефталатной пленки толщиной 10 мкм с 33,3 % содержания полярной составляющей;

– толщиной 34 мкм, состоящий из двух слоев полипропиленовой пленки толщиной 12 мкм, разделенных одним слоем полиэтилентерефталатной пленки толщиной 10 мкм с 29,4 % содержания полярной составляющей;

– толщиной 35 мкм, состоящий из двух слоев полипропиленовой пленки толщиной 10 мкм, разделенных одним слоем полиэтилентерефталатной пленки толщиной 15 мкм с 42,9 % содержания полярной составляющей;

– толщиной 39 мкм, состоящий из двух слоев полипропиленовой пленки толщиной 12 мкм, разделенных одним слоем полиэтилентерефталатной пленки толщиной 15 мкм с 38,5 % содержанием полярной составляющей.

Структур с преобладанием полярной составляющей было выбрано четыре варианта:

– толщиной 30 мкм, состоящий из двух слоев полиэтилентерефталатной пленки толщиной 10 мкм, разделенных одним слоем полипропиленовой пленки толщиной 10 мкм с 66,7 % содержания полярной составляющей;

– толщиной 32 мкм, состоящий из двух слоев полиэтилентерефталатной пленки толщиной 10 мкм, разделенных одним слоем полипропиленовой пленки толщиной 12 мкм с 62,5 % содержания полярной составляющей;

– толщиной 35 мкм, состоящий из двух слоев по-

лиэтилтерефталатной пленки толщиной 10 и 15 мкм, разделенных одним слоем полипропиленовой пленки толщиной 10 мкм с 71,4 % содержания полярной составляющей;

– толщиной 40 мкм, состоящий из двух слоев полиэтилтерефталатной пленки толщиной 15 мкм, разделенных одним слоем полипропиленовой пленки толщиной 10 мкм с 62,5% содержания полярной составляющей.

$R_{из}$ и $U_{пр}$ определялись при различной полярности обкладок макетов секций. Согласно ГОСТ 6433.3-71 каждое измерение электрической прочности проводилось на пяти образцах.

Исследование характеристик пленочных диэлектриков проводилось в отсутствие прослоек пропитывающей жидкости, являющейся в электрическом отношении наиболее слабым компонентом диэлектрической системы, а для устранения воздушных прослоек между слоями пленок, коэффициент запрессовки диэлектрика макетов секций обеспечивался равным единице.

Результаты экспериментальных исследований приведены в табл. 1-3. Для диэлектриков структур ПП+ПЭТ+ПП и ПЭТ+ПП+ПЭТ исследования по определению влияния полярности обкладок на электрическое сопротивление изоляции и электрическую прочность не проводилось по причине их симметричности.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований структур пленочного диэлектрика типа ПП+ПЭТ+ПП и ПЭТ+ПП+ПЭТ

Структура диэлектрика	d_n , мкм	$\epsilon_{эkv}$	$tg\delta_{эkv} \times 10^{-4}$	x , %	$R_{из}$, МОм	$U_{пр}$, кВ	$U_{пр ср}$, кВ	$E_{пр ср}$, кВ/мм	σ , кВ
ПП+ПЭТ+ПП	30	2,46	9,163	33,3	12500	13,5; 16,0; 18,0; 18,0; 18,0	16,7	556,7	1,78
ПП+ПЭТ+ПП	34	2,42	8,235	29,4	13750	20,0; 19,5; 19,0; 20,0; 20,5	19,8	582,4	0,51
ПП+ПЭТ+ПП	35	2,54	11,5	42,9	10750	20,5; 21,0; 18,0; 21,0; 19,0	19,9	568,6	1,2
ПП+ПЭТ+ПП	39	2,50	10,42	38,5	12000	24,0; 23,5; 20,0; 24,0; 21,0	22,5	576,9	1,67
ПЭТ+ПП+ПЭТ	30	2,78	18,21	66,7	10000	18,0; 17,0; 16,5; 16,0; 17,0	16,9	563,3	0,66
ПЭТ+ПП+ПЭТ	32	2,73	16,95	62,5	10250	19,5; 20,5; 18,0; 19,0; 18,0	19,0	593,8	0,95
ПЭТ+ПП+ПЭТ	35	2,83	19,7	71,4	9000	19,0; 20,0; 21,0; 20,0; 20,0	20,0	571,4	0,63
ПЭТ+ПП+ПЭТ	40	2,87	20,86	75,0	8000	23,0; 22,0; 23,0; 22,0; 24,0	22,8	570,0	0,75

Примечание. σ – среднеквадратичное отклонение.

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований структур пленочного диэлектрика типа ПП+ПП+ПЭТ

d_n , мкм	Положительная обкладка на пленке ПП						Отрицательная обкладка на пленке ПП								
	$R_{из}$, МОм	$U_{пр}$, кВ				$U_{пр ср}$, кВ	$E_{пр ср}$, кВ/мм	σ , кВ	$R_{из}$, МОм	$U_{пр}$, кВ				$U_{пр ср}$, кВ	$E_{пр ср}$, кВ/мм
30	17500	18,0; 13,0; 15,0; 15,0; 15,0	15,2	506,7	1,6	16750	18,0; 13,0; 13,0; 18,0; 15,0	15,4	513,3	2,24					
34	18000	17,0; 18,5; 17,0; 17,5; 19,5	17,9	526,5	0,97	17375	18,0; 19,0; 19,8; 17,5; 17,5	18,6	545,9	0,8					
35	16000	19,5; 18,0; 18,5; 19,0; 18,0	18,6	531,4	0,58	14750	21,0; 20,0; 19,0; 20,5; 19,5	20,0	571,4	0,71					
39	16750	23,0; 20,0; 20,0; 25,0; 22,0	22,0	564,1	1,9	15500	24,0; 25,0; 24,0; 22,0; 23,0	23,6	605,1	1,02					

Таблица 3 – Результаты экспериментальных исследований структур пленочного диэлектрика типа ПЭТ+ПЭТ+ПП

d_n , мкм	Положительная обкладка на пленке ПЭТ						Отрицательная обкладка на пленке ПЭТ								
	$R_{из}$, МОм	$U_{пр}$, кВ				$U_{пр ср}$, кВ	$E_{пр ср}$, кВ/мм	σ , кВ	$R_{из}$, МОм	$U_{пр}$, кВ				$U_{пр ср}$, кВ	$E_{пр ср}$, кВ/мм
30	9800	17,5; 18,5; 18,0; 19,0; 18,0	18,2	606,7	0,51	10000	18,0; 18,0; 18,5; 17,5; 17,0	17,8	593,3	0,51					
32	10000	21,0; 18,0; 20,0; 20,5; 19,0	19,5	609,4	0,89	11000	20,0; 20,0; 19,0; 18,0; 19,0	19,2	600,0	0,75					
35	9250	20,0; 21,5; 19,0; 20,0; 22,0	20,5	585,7	0,89	9500	20,0; 20,0; 18,0; 21,0; 21,0	20,0	571,4	1,1					
40	9500	24,0; 24,0; 22,0; 22,0; 24,0	23,2	580,0	0,98	9750	22,0; 23,0; 20,0; 23,0; 20,0	21,6	540,0	1,36					

Анализируя результаты экспериментальных исследований структур пленочного диэлектрика с раз-

личными толщинами d_n , приведенные в табл. 1, видно, что пленочные диэлектрики типа ПП+ПЭТ+ПП, по

сравнению с диэлектриками ПЭТ+ПП+ПЭТ, обладают меньшими значениями относительной диэлектрической проницаемости $\epsilon_{\text{экр}}$, эквивалентного тангенса угла потерь $\text{tg}\delta_{\text{экр}}$, но большими значениями электрического сопротивления изоляции, что объясняется преобладающим содержанием неполярной составляющей в этих диэлектриках.

При этом как в структуре ПП+ПЭТ+ПП, так и в структуре ПЭТ+ПП+ПЭТ наибольшие значения электрического сопротивления изоляции 13750 МОм и 10250 МОм соответственно имели место в диэлектриках с наименьшим содержанием полярной составляющей, необходимо отметить, что именно эти диэлектрики обладают и наибольшей электрической прочностью 582,4 кВ/мм и 593,8 кВ/мм соответственно среди диэлектриков своего типа.

Вместе с тем, диэлектрики типа ПЭТ+ПП+ПЭТ имея, по сравнению с диэлектриками типа ПП+ПЭТ+ПП, меньшие значения электрического сопротивления изоляции, имеют несколько большие значения электрической прочности и меньшие среднеквадратичные отклонения по значениям электрической прочности. Возможным объяснением этого факта является то, что возле обкладок макетов секций, т.е. в зоне наиболее сильного разрушения диэлектрика под действием электрического поля, по причине перераспределения средней напряженности электрического поля по компонентам диэлектрика в зависимости от их относительных диэлектрических проницаемостей, расположены области с пониженной напряженностью электрического поля [10].

Результаты экспериментальных исследований пленочных структур типа ПП+ПП+ПЭТ, приведенные в табл. 2, показывают, что именно эти структуры имеют наибольшее значение электрического сопротивления изоляции. Особенно эта разница заметна, когда неполярные пленки ПП расположены у обкладки имеющей положительный потенциал, но одновременно эта структура имеет и наименьшую электрическую прочность. При изменении полярности обкладок макетов секций, т.е. когда положительный потенциал был у обкладки прилегающей к полярной пленке ПЭТ, наблюдалось снижение электрического сопротивления изоляции у всех комбинаций диэлектрических пленок, но при этом возрастала их электрическая прочность. Сравнивая диэлектрики структуры ПП+ПП+ПЭТ с диэлектриками структуры ПП+ПЭТ+ПП, которые имеют те же самые соотношения полярной и неполярной составляющих, видно, что сохраняется тенденция снижения величины электрического сопротивления изоляции при увеличении в структуре диэлектрика полярной составляющей, однако, более высокой электрической прочностью обладают уже диэлектрики, имеющие большее содержание полярной составляющей при любой полярности прилегающей к ней обкладки.

Анализ результатов экспериментальных исследований, приведенных в табл. 3, показывает, что структуры пленочного диэлектрика типа ПЭТ+ПЭТ+ПП обладают наименьшим электрическим сопротивлением изоляции и наибольшей электрической прочно-

стью. Сравнивая данные табл. 3 с данными табл. 2 видно, что наибольшая электрическая прочность диэлектрика достигается при расположении пленки ПЭТ у обкладки положительной полярности и, в отличие от структуры ПП+ПП+ПЭТ, в структуре ПЭТ+ПЭТ+ПП наибольшая электрическая прочность диэлектрика достигается в диэлектриках с меньшим содержанием полярной составляющей.

Выводы

1. С увеличением в структуре пленочного диэлектрика полярной составляющей электрическое сопротивление изоляции снижается.

2. Наибольшим электрическим сопротивлением изоляции обладают диэлектрики структуры ПП+ПП+ПЭТ, причем величина электрического сопротивления изоляции имеет наибольшее значение когда пленка ПП расположена у обкладки положительной полярности.

3. Наибольшей электрической прочностью обладают диэлектрики структуры ПЭТ+ПЭТ+ПП, причем величина электрической прочности диэлектриков имеет наибольшее значение когда обкладка положительной полярности находится на пленке ПЭТ.

Список литературы:

1. Рудаков В.В. Стан та тенденції розвитку високовольтних імпульсних конденсаторів / В.В. Рудаков // Вісник НТУ «ХП». – 2009. – №39. – С. 146-154.
2. Ермилов И.В. Высоковольтные импульсные конденсаторы с полимерной изоляцией / И.В. Ермилов // Электричество. – 2006. – №9. – С. 73-79.
3. Рудаков В.В. Удельная энергия высоковольтных импульсных конденсаторов с лавсановым диэлектриком / В.В. Рудаков, В.П. Касаткин // Вісник НТУ «ХП» Тем. вип.: Техніка і електрофізика високих напруг. – 2012. – № 21. – С. 233-237.
4. Гунько В.И. Исследования по созданию гаммы высоковольтных импульсных конденсаторов с пленочным диэлектриком / В.И. Гунько, А.Я. Дмитришин, Л.И. Онищенко, И.А. Перекупка, Т.А. Фецул // Материалы XV Международной школы-семинара «Физика импульсных разрядов в конденсированных средах». – Николаев, 2011. – С. 201-204.
5. Гунько В.И. Разработка высоковольтных импульсных конденсаторов с пленочным диэлектриком / В.И. Гунько, А.Я. Дмитришин, Л.И. Онищенко, С.О. Топоров, И.А. Перекупка // Вісник НТУ «ХП» Тем. вип.: Техніка і електрофізика високих напруг. – 2012. – № 52. – С. 65-71.
6. Онищенко Л.И. Создание серии высоковольтных импульсных конденсаторов с пленочным диэлектриком на базе одного изоляционного корпуса / Л.И. Онищенко, В.И. Гунько, А.Я. Дмитришин, И.А. Перекупка // Материалы XVI Международной школы-семинара «Физика импульсных разрядов в конденсированных средах». – Николаев, 2013. – С. 200-203.
7. Гунько В.И. Создание высоковольтных импульсных конденсаторов на основе комбинированного пленочного диэлектрика / В.И. Гунько, А.Я. Дмитришин, Л.И. Онищенко, И.А. Перекупка, С.О. Топоров // Электротехника и электромеханика. – 2014. – № 4. – С. 53-55.
8. Рудаков В.В. / В.В. Рудаков, В.П. Кравченко, О.Ю. Дубийчук // Вісник НТУ «ХП» Тем. вип.: Техніка і електрофізика високих напруг. – 2012. – № 52. – С. 154-160.
9. Дмитришин А.Я. Оценка длительной электрической прочности различных конструкций пленочного диэлектрика

для высоковольтных импульсных конденсаторов / А.Я. Дмитришин, И.Ю. Гребенников, С.О. Топоров, Е.Н. Слепец // Электронная обработка материалов. – 2014. – № 5. – С. 92-94.

10. Кучинский Г.С. Силовые электрические конденсаторы / Г.С. Кучинский, Н.И. Назаров. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 310 с.

References (transliterated):

1. Rudakov V.V. Stan ta tendentsiyi rozvytku vysokovol'tnykh impul'snykh kondensatoriv [Status and tendencies of development of high-voltage pulse capacitors]. Visnyk NTU "KhPI" [Bulletin of the National Technical University "KhPI"]. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2009, no. 39, pp. 146–154.

2. Ermilov I.V. Vysokovol'tnye impul'snye kondensatory s polimernoj izoljaciej [High-voltage pulse capacitors with polymeric insulation]. Elektrichestvo [Electricity], 2006, no. 9, pp. 73-79.

3. Rudakov V.V., Kasatkin V.P. Udel'naja jenergija vysokovol'tnykh impul'snykh kondensatorov s lavsanovym dijelektrikom [The specific energy of high-voltage pulse capacitors with Mylar dielectric]. Visnyk NTU "KhPI" Tem. vyp.: Tekhnika i elektrofizyka vysokokh naprug. [Bulletin of the NTU "KhPI" Special Issue: Technique and Electrophysics of High Voltage]. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2012, no. 21, pp. 233-237.

4. Gun'ko V.I., Dmitrishin A.Ja., Onishhenko L.I., Perekupka I.A., Feshhuk T.A. Issledovaniya po sozdaniyu gammy vysokovol'tnykh impul'snykh kondensatorov s plenochnym dijelektrikom [Research on the development range high-voltage pulse capacitor with film dielectric]. Materialy XV Mezhdunarodnoj shkoly-seminara "Fizika impul'snykh razrjadov v kondensirovannykh sredah" [Proc. of the XV Int. Conf. "Physics of Pulse Discharges in Condensed Media"]. Nikolaev, 2011, pp. 201-204.

5. Gun'ko V.I., Dmitrishin A.Ja., Onishhenko L.I., Toporov S.O., Perekupka I.A. Razrabotka vysokovol'tnykh impul'snykh kondensatorov s plenochnym dijelektrikom [Development of high-voltage pulse capacitors with film dielectric]. Visnyk NTU "KhPI" Tem. vyp.: Tekhnika i elektrofizyka vysokokh naprug. [Bulletin of the National Technical University "KhPI" Special

Issue: Technique and Electrophysics of High Voltage]. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2012, no. 52, pp. 65-71.

6. Onishhenko L.I., Gun'ko V.I., Dmitrishin A.Ja., Perekupka I.A. Sozdanie serii vysokovol'tnykh impul'snykh kondensatorov s plenochnym dijelektrikom na baze odnogo izoljacionnogo korpusa [Creation of series of high-voltage pulse capacitors with film dielectric on base of the one insulation case]. Materialy XV Mezhdunarodnoj shkoly-seminara "Fizika impul'snykh razrjadov v kondensirovannykh sredah" [Proc. of the XVI Int. Conf. "Physics of Pulse Discharges in Condensed Media"]. Nikolaev, 2013, pp. 200-203.

7. Gun'ko V.I., Dmitrishin A.Ja., Onishhenko L.I., Perekupka I.A., Toporov S.O. Sozdanie vysokovol'tnykh impul'snykh kondensatorov na osnove kombinirovannogo plenochnogo dijelektrika [Design of high-voltage pulse capacitors on the basis of the combined film dielectric]. Elektrotehnika i elektromekhanika [Electrical engineering and Electromechanics], 2014, no. 4, pp. 53-55.

8. Rudakov V.V., Kravchenko V.P., Dubijchuk O.Ju. Vysokovol'tnyj impul'snyj kondensator s ogranichenym resursom [The high-voltage pulse capacitor with a limited resource]. Visnyk NTU "KhPI" Tem. vyp.: Tekhnika i elektrofizyka vysokokh naprug. [Bulletin of the National Technical University "KhPI" Special Issue: Technique and Electrophysics of High Voltage]. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2012, no. 52, pp. 154-160.

9. Dmitrishin A.Ja., Grebennikov I.Ju., Toporov S.O., Slepets E.N. Ocenka dlitel'noj jelektricheskoy prochnosti razlichnykh konstrukcij plenochnogo dijelektrika dlja vysokovol'tnykh impul'snykh kondensatorov [Estimation of long-term dielectric strength of different constructions of film dielectric for high-voltage pulse capacitors]. Elektronnaja obrabotka materialov [Surface Engineering and Applied Electrochemistry], 2014. no. 5, pp. 92-94.

10. Kuchinskij G.S., Nazarov N.I. Silovye elektricheskie kondensatory [Electric Power Capacitors]. Moscow: Energoatomizdat Publ., 1992. 310 p.

Поступила (received) 20.03.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Електрофізичні характеристики комбінованого плівкового діелектрика на основі поліпропіленової та поліетилентерефталатної плівок / В. І. Гунько, О. Я. Дмитришин, С. О. Топоров // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 15 (1237). – С. 31-34. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-0740.

Электрофизические характеристики комбинированного пленочного диэлектрика на основе полипропиленовой и полиэтилентерефталатной пленок / В. И. Гунько, А. Я. Дмитришин, С. О. Топоров // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 15 (1237). – С. 31-34. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-0740.

Electrophysical characteristics of the combined film dielectric based on polypropylene and polyethylene terephthalate films / V. I. Gun'ko, A. Ya. Dmitrishin, S. O. Toporov // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technique and electrophysics of high voltage. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017. – № 15 (1237). – С. 31-34. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-0740.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Гунько Віктор Іванович – зав. сектором, ІПТ НАН України, м. Миколаїв; тел.: (0512) 58-71-36; e-mail: dphc@iippt.com.ua.

Гунько Виктор Иванович – зав. сектором, ИИПТ НАН Украины, г. Николаев; тел.: (0512) 58-71-36; e-mail: dphc@iippt.com.ua.

Gun'ko Viktor Ivanovych – Head of Sector, IPPT NAS of Ukraine, Mykolaiv; tel.: (0512) 58-71-36; e-mail: dphc@iippt.com.ua.

Дмитришин Олексій Ярославович – молодший науковий співробітник, ІПТ НАН України, м. Миколаїв; тел.: (0512) 58-71-36; e-mail: dphc@iippt.com.ua.

Дмитришин Алексей Ярославович – младший научный сотрудник, ИИПТ НАН Украины, г. Николаев; тел.: (0512) 58-71-36; e-mail: dphc@iippt.com.ua.

Dmitrishin Aleksey Yaroslavovych – Junior Research Assistant, IPPT NAS of Ukraine, Mykolaiv; tel.: (0512) 58-71-36; e-mail: dphc@iippt.com.ua.

Топоров Сергій Олегович – провідний інженер, ІПТ НАН України, м. Миколаїв; тел.: (0512) 58-71-36; e-mail: dphc@iippt.com.ua.

Топоров Сергей Олегович – ведущий инженер, ИИПТ НАН Украины, г. Николаев; тел.: (0512) 58-71-36; e-mail: dphc@iippt.com.ua.

Toporov Sergey Olegovych – Lead Engineer, IPPT NAS of Ukraine, Mykolaiv; tel.: (0512) 58-71-36; e-mail: dphc@iippt.com.ua.