

**Международный форум  
«Стекло и современные технологии-XXI»  
г. Москва, 2023 г.**



*Тема доклада:*

**«ПРОБЛЕМА ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ  
ТРУБКИ ИЗ ЭЛЕКТРОЛАМПОВОГО СТЕКЛА  
ПЛАТИНитОВОЙ ГРУППЫ С ВЫСОКОЙ  $T_k-100$ »**

*Наталья Александровна Лебедева  
(e-mail: [exropul@mail.ru](mailto:exropul@mail.ru), [osv.glass@mail.ru](mailto:osv.glass@mail.ru))*

## Проблема импортозамещения трубки из электролампового стекла платинитовой группы с высокой Тк-100

В настоящее время приёмно-усилительные лампы для Hi-Fi аудиоаппаратуры производится в России на единственном предприятии АО «ЭкспоПУЛ» (фото 1), где ежемесячно выпускается 60-70тыс. ламп более 100 наименований, что составляет не менее 80% мирового рынка. На сегодняшний день приёмно-усилительные лампы приобрели вторую жизнь, так как истинные ценители музыки считают, что только ламповые усилители дают самый лучший и чистый звук. Приемно-усилительные лампы производятся в мире еще в двух странах: в Словакии (в незначительных количествах) и Китае. Китай является нашим главным конкурентом.



Фото 1. — АО «ЭкспоПУЛ»



Фото 2. — Лампы цокольной и пальчиковой серий

Приемно-усилительная лампа (фото2) состоит из следующих стеклянных деталей: баллона - корпуса лампы и ножки (внутренняя деталь) с впаянными платинитовыми выводами (фото 3, 4).

Химический состав стеклянных деталей должен соответствовать маркам электроламповых стёкол платинитовой группы.

Стеклобаллоны сложной фигурной формы и относительно больших размеров для ламп цокольной серии наше предприятие закупает в готовом виде у производителя согласно разработанным чертежам. Стеклобаллоны простой цилиндрической формы, а также все типы ножек ламп мы изготавливаем на базе своего производства из покупной стеклотрубки.

До конца 90х годов прошлого века на нашем предприятии были действующие стекловаренные печи ванного типа непрерывного действия. Для своих нужд завод был полностью обеспечен и стеклотрубкой и стеклобаллонами. В таблице 1 представлены составы и свойства применяемых стёкол.

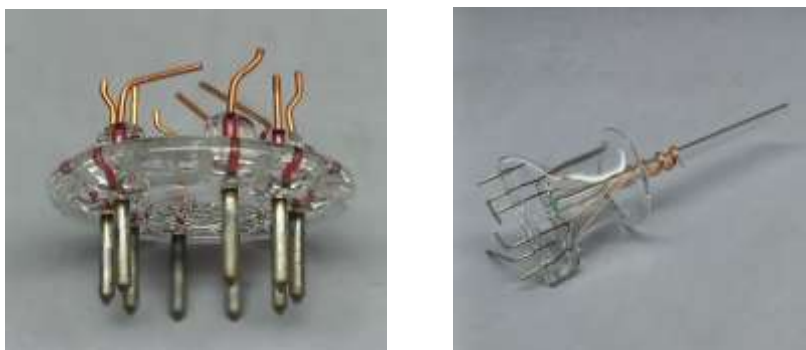


Фото 3 — Ножки ламп



Фото 4 — Баллон лампы

Таблица 1.- Химические составы и свойства применяемых стёкол в АО «ЭкспоПУЛ»

№	Параметры	Марка стекла			
		СЛ93-1 Россия*	СЛ95-3 ЗАО«Лисма», г. Саранск	№905 АО«Ледванс», г. Смоленск	№360 Китай
<b><i>Химический состав, масс. %</i></b>					
1	SiO <sub>2</sub>	55,0	72,5±0,5	71,4	67,6±1
2	Na <sub>2</sub> O	3,8	16,4-0,2	16,3	7,5±0,5
3	K <sub>2</sub> O	9,2	0,5±0,2	1,5	4,9±0,4
4	CaO	-	4,5±0,5	4,4	1,9±0,5
5	MgO	-	3,5±0,3	3,15	1,3±0,2
6	BaO	-	1,0±0,2	0,9	8,9±0,5
7	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,0	1,6±0,1	2	3,4±0,4
8	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,08	<0,06	0,11	0,04±0,02
9	SrO	-	-	-	3,0±0,4
10	Li <sub>2</sub> O	-	-	-	1,2±0,2
11	PbO	30,0	-	-	-
<b><i>Свойства</i></b>					
12	КЛТР 10 <sup>-7</sup> , град-1	93,5	93,5±1,5	98	92,0±1,0
13	Тк-100, °С	325	140	не менее 160	290
14	Термостойкость, не менее °С	100	110	100	110

\*До вступления в силу технического регламента Евразийского экономического союза «Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники» (2018г).

Полагаясь на огромный практический опыт специалистами нашего предприятия было установлено, что лучшей маркой стекла, применяемой при изготовлении ПУЛ является марка СЛ93-1, содержащей 30% оксида свинца. Со стеклом этого состава успешно работали многие годы. Однако в 2018 году вступил в силу технический регламент Евразийского экономического союза «Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники» свинецсодержащие электроламповые стёкла перестали использовать при изготовлении ПУЛ и были заменены, например, на литий--калий-стронций-бариевые стёкла.

Наиболее важными свойствами применяемых стёкол при изготовлении приемно-усилительных ламп являются температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) и объемное удельное электрическое сопротивление (см.

табл.1).

ТКЛР применяемых стёкол должен находиться в интервале  $91-99 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , что характерно для платинитовой группы электроламповых стёкол и гарантирует получение согласованного спая между стеклом ножки лампы и платинитовым выводом при ее изготовлении.

Электрическое сопротивление применяемого стекла для изготовления ПУЛ очень важный показатель, от его значения зависит будет ли данное стекло использоваться при изготовлении только баллонов или для баллонов и ножек одновременно. Причем поверхностное электрическое сопротивление стекла не так важно как объемное. Так как внутренняя поверхность стекла лампы находится в вакууме и не подвергается действию влаги, а наружная поверхность находится на воздухе, во время работы лампы нагревается, чем обеспечивается достаточное поверхностное сопротивление.

Известно, что проводимость стекла носит ионный характер. Наибольшей подвижностью обладают ионы щелочных металлов, особенно натрия. Для высокого объемного сопротивления стекла заменяют или уменьшают содержание оксида натрия на оксид калия в составе стекла.

При длительном воздействии постоянного тока на работающую приемно-усилительную лампу ионы щелочных металлов стекла ножки перемещаются к отрицательному электроду и обогащают примыкающие к нему участки, превращаясь в атомы. Вблизи положительного электрода образуется обедненный щелочными металлами плохо проводящий слой  $\text{SiO}_2$ . В результате ТКЛР стекла вблизи первого электрода увеличивается, а вблизи второго уменьшается. В стекле возникают внутренние напряжения, что приводит к появлению трещин в ножке и вызывает разгерметизацию ламп. Признаком начавшегося электролиза служит образование темных пятен на бусе вокруг платинита с выделением щелочного металла в коллоидной форме (фото 5).



Фото 5.- Почернение платинита в ножке лампы при ее работе

Для оценки электропроводности стёкол при повышенных температурах применяют особый параметр — температуру  $T_k-100$ . Это температура, при которой удельное объемное электрическое сопротивление равно  $100 \text{ мОм} \cdot \text{см}$  ( $10^8 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ ). Зная  $T_k-100$  можно с той или иной степенью точности сравнивать изоляционные свойства стёкол и оценивать возможность их применения в технологическом процессе.

В настоящее время в АО «ЭкспоПУЛ» применяется 3 марки электроламповых стёкол: СЛ95-3, №360 и №905 (таблица 1). Высокая Тк-100 стекла состава №360, применяемого при изготовлении ножек ламп гарантирует отсутствие пробоя между токовводами, расположенными на незначительном расстоянии друг от друга в процессе работы лампы. У стёкол составов СЛ95-3 и №905 Тк-100 значительно меньше и их нельзя использовать при изготовлении ножек, но они являются годными для изготовления баллонов.

Если стеклотрубки электролампового состава стекла платинитовой группы с низким значением Тк-100 в России выпускают, то стекло для изготовления ножек найти огромная проблема. Когда-то стеклотрубки состава №360 очень хорошего качества выпускались в г. Брест. Но уже несколько лет это производство прекращено. В РФ производителей такого стекла мы не нашли. В настоящее время мы покупаем стеклотрубки и баллоны состава стекла №360 в Китае. Однако мы готовы заменить китайские стеклотрубки не совсем удовлетворительного качества, с долговременной и дорогостоящей логистикой, на альтернативные отечественного производителя.

Нам известно о трех заводах в России которые нуждаются в стеклотрубке состава №360. Сегодня она закупается в Китае.

Основная цель данной статьи (доклада) — обращение в СтеклоСоюз России за помощью в поиске российских производителей. Может быть СтеклоСоюз России найдет возможность организовать проведение мониторинга истинных потребностей в электроламповом стекле платинитовой группы с высокой ТК-100 и определит экономическую целесообразность производства этого стекла в нашей стране.

Альтернативным вариантом, возможно, также будет являться создание производства по выпуску стеклотрубки электролампового состава стекла платинитовой группы с высокой Тк-100 на базе уже действующего стекольного завода на территории РФ.

В таблице 2 представлены геометрические размеры стеклотрубок, используемых в нашем производстве

Таблица 2.- Стеклотрубка, применяемая в АО «ЭкспоПУЛ»

№ п/п	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Длина, мм	Марка стекла
1	4,1±0,1	0,9±0,1	1200	СЛ95-3, №905
2	4,3±0,1	0,9±0,1	1200	СЛ95-3, №905
<b>3</b>	<b>16,5±0,3</b>	<b>1,4±0,1</b>	<b>1250</b>	<b>№360</b>
<b>4</b>	<b>20,25±0,25</b>	<b>1,55±0,15</b>	<b>1250</b>	<b>№360</b>
5	22,5±0,25	1,05±0,1	1250	СЛ95-3, №905
<b>6</b>	<b>23,5±0,5</b>	<b>1,9±0,1</b>	<b>1250</b>	<b>№360</b>

<b>7</b>	<b>26,5±0,5</b>	<b>1,9±0,1</b>	<b>1250</b>	<b>№360</b>
8	29,6-1,0	1,0-0,2	1250	СЛ95-3, №905
9	30,5-1,0	1,0-0,2	1250	СЛ95-3, №905
10	32,0-1,0	0,9-0,2	1250	СЛ95-3, №905
11	38,0-1,0	1,0-0,2	1250	СЛ95-3, №905