

**Всероссийского отраслевого конкурса
"5 звезд. Лидеры химической отрасли"**

Анкета № 4

Номинация «Лучший реализованный проект года»

«Освоение малотоннажного опытно-промышленного производства

термо-, огнестойких полиимидных нитей

с улучшенными текстильными и эксплуатационными характеристиками»

Введение

Расположение производства: промплощадка ООО «ЛИРСОТ» (Московская область, г. Мытищи). ООО «ЛИРСОТ» - единственное в России научно-производственное предприятие-правообладатель исключительных прав на 8 технологий производства отечественных термо-огнестойких полиимидных, термостойких арамидных, высокопрочных и высокомодульных арамидных нитей, хемосорбционных волокон, полых волокон и ультрафильтрационных аппаратов (УВА) на их основе. ООО «ЛИРСОТ» располагает полным циклом промышленного производства и необходимых для научных, проектно-конструкторских разработок и внедрения составляющих по модернизации, созданию новых перспективных специальных полимерных волокон, материалов и изделий на их основе, а также подготовке квалифицированных научных и инженерно-технических кадров и организации промышленного производства.

В настоящее время ООО «ЛИРСОТ» поставляет более 150 предприятиям Роскосмоса, Министерства обороны, Минпрома, Росатома и др. в широком ассортименте по 79 техническим условиям продукцию из полиимидных нитей Аримид®, Пион®, арамидных высокопрочных высокомодульных нитей Армос®, термостойких арамидных волокон текстильного назначения Арлана®, хемосорбционных волокон Вион, полых ультрафильтрационных волокон и волоконные аппараты (УВА) на их основе.

ООО «ЛИРСОТ» аккредитовано Федеральной службой по надзору в сфере образования и науки, имеет все необходимые для деятельности лицензии и аккредитации, в том числе лицензию Федерального космического агентства (№7176К от 24.08.2009г.), Военного регистра (сертификат № ВР 44.1.13312-2019, ВР 44.1.13313-2019), обладает исключительными правами на технологии и «ноу-хай» в области специальных волокон, защищенными 12 патентами и 13 товарными знаками. На всех стадиях производственного процесса действует строгий контроль качества, определенный в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и ГОСТ Р В 0015-002-2012.

1. Краткое описание проекта.

1.1. Сущность проекта. Технические (социальные) характеристики.

В ООО «ЛИРСОТ» функционирует единственное в РФ малотоннажное опытно-промышленное производство высокотехнологичных волокнистых материалов на основе полностью

ароматических полиимидов с установленной мощностью оборудования до 10 т/год. Выпускаются полиимидные нити Аrimid[®], Пион[®], Твим[®] и различные технические и текстильные изделия из них. Технология получения указанных полиимидных (аримидных) материалов полностью базируется на отечественных разработках. Производство включает в себя отделение синтеза исходного полимера – ароматической полиамидокислоты в растворе амидного растворителя, отделение формования промежуточных полиамидокислотных (ПАК) нитей и отделение термической обработки, при воздействии тепловых полей и катализаторов осуществляется перевод промежуточной полиамидокислотной структуры нитей в конечную полиимидную структуру, которая определяет все технические и эксплуатационные свойства нитей и материалов. Процесс производства периодический.

Сущность проекта заключается в изменении режима и параметров процесса на стадии синтеза исходного полимера – полиамидокислоты и в изменении режима, параметров, разработке, создании, монтаже и освоении дополнительного оборудования стадии термообработки промежуточных ПАК нитей.

Согласно проекту в действующем производстве сохранялось все основное оборудование технологического потока: реакторы с перемешивающими устройствами, баковое оборудование для подготовки полимерных прядильных растворов к формированию ПАК-нитей, прядильные машины для получения ПАК-нитей и аппараты для стадии периодической термообработки ПАК-нитей. Кроме этого, сохранялась возможность получения полиимидных нитей различного ассортимента. Новым являлось создание аппарата для осуществления стадии термообработки в режиме непрерывного прохождения ПАК-нитей через систему обогревательных элементов с регулируемой температурой. В таблице 1 приведены основные физико-механические и эксплуатационные показатели разработанных отечественных полиимидных нитей Аrimid[®] до и после реализации проекта.

Таблица 1 – Показатели полиимидных нитей до и после реализации проекта

Наименование показателя	Показатели	
	До реализации проекта	После реализации проекта
Линейная плотность, текс	6-100	6-100
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	45-50	55-60
Разрывное удлинение, %,	13	15
Модуль упругости, ГПа	15	22
Кислородный индекс, %	50	65
Температура длительной эксплуатации изделий, °C	От минус 196 до плюс 350	От минус 196 до плюс 350
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	6,0-15,0	1,0-3,5
Плотность, г/см ³	1,43	1,43-1,44

1.2. Назначение проекта (какие задачи /проблемы решает, какие потребности удовлетворяет /обеспечивает).

Проектом предусматривалось:

- усовершенствование параметров процесса получения термо-, огнестойких полиимидных нитей в рамках ранее разработанного технологического регламента, обеспечивающих выпуск указанных волокнистых материалов с улучшенными текстильными и эксплуатационными характеристиками;
- разработка и создание нового оборудования для реализации разработанных технологических параметров процесса;
- внедрение предлагаемых мероприятий в технологическую цепочку действующего производства;
- освоение опытно-промышленного производства и выпуск продукции по заявкам заказчиков.

Освоенное производство функционирует по ранее разработанному режиму, не требует дополнительного переоснащения и нацелено на выпуск высокотехнологичных волокнистых материалов для различных изделий специальной техники. В таблице 2 приведен перечень материалов на основе полиимидных нитей Аrimid® с указанием областей их применения и эффективности использования

Таблица 2 – Перечень областей применения волокнистых материалов на основе полиимидных нитей Аrimid® и эффективность их использования

№ п/п	Тип волокнистого материала 2	Область использования 3	Эффективность применения 4
1	Термо-, огнестойкие комплексные и текстурированные комплексные нити линейной плотности 6,3-100,0 текс	Исходное сырье для изготовления швейных ниток, лент, шнурков, плетенок, жгутов, тканей, нетканых полотен	Гарантийный срок службы 25 лет
2	Термо-, огнестойкие полиимидные швейные нитки с линейное плотностью 29,4 ат – 357 ат. Размеростабильные нити.	Элементы крепления теплозащитных чехлов солнечных батарей, бандажирование проводов в кабельных жгутах бортовых систем летательных аппаратов, ракетных комплексов, морских судов.	- устойчивость к действию открытого пламени; - рабочая температура от минус 196 до 350°C; - повышение эксплуатационной надежности узлов кабельных и жгутовых комплексов; - расширение вариабельности конструктивного дизайна кабельных и жгутовых комплексов

1	2	3	4
3	Термо-, огнестойкие ленты семейства ЛТАр, ЛТАр-С, ЛТАрТ-С, гладкие и с kleевым покрытием-скотч: более 30 типоразмеров и марок	Плоскостные элементы крепления декоративно-отделочных и функциональных материалов обитаемых и рабочих отсеков летательных аппаратов, ракетных комплексов, морских судов.	- исключение возможности воспламенения; - высокая устойчивость к действиям динамических нагрузок при низких и повышенных температурах
4	Термо-, огнестойкие экранирующие ленты с радиопоглощающим эффектом гладкие типа ЛТАрМл, ЛТАрМс, ЛТАрВПр и с kleевым покрытием типа ЛТАрМл-С, ЛТАрМс-С, ЛТАрВПр-С более 25 типоразмеров и марок	Облегченные экранирующие негорючие элементы плоскостного крепления кабелей и проводов бортовой системы летательных аппаратов, ракетных комплексов и морских судов	- стабильность размеров, исключение возможности загорания от случайных искрений; - устойчивость к действиям динамических и статических нагрузок в широком интервале температур
5	Термо-, огнестойкие технические шнуры марок ШТАН, ШТА, ШТАМН, ШТАП более 20 типоразмеров и марок	Элементы крепления декоративно-отделочных и функциональных материалов в обитаемых и рабочих отсеках летательных аппаратов, ракетных комплексов, морских судов	- широкая вариабельность крепежных зон; - стабильность размеров; - отсутствие ползучести элементов крепления
6	Термо-, огнестойкие облегченные плетенки марок ПАр, ПАр-Т, ПАр-Т-З различной окраски (цвет: черный, зеленый, оранжевый и др.) более 25 типоразмеров и марок	Облегченные негорючие оболочки кабелей и проводов в комплекте БКС летательных аппаратов, ракетных комплексов, морских судов	- высокая устойчивость к действию динамических нагрузок; - хорошая маркировка комплектов БКС
7	Термостойкие одно- и двухслойные экранирующие плетенки марок ПАрМл, ПАрМс, ПАрВПр, ПЭДАрМл, ПЭДАрМс, ПЭДАрВПр – всего более 40 наименований и типоразмеров	Облегченные оболочки с экранирующим эффектом в режиме защиты от высокочастотного электромагнитного излучения БКС воздушных и морских судов	- снижение массы на 30-40% по сравнению с металлическими изделиями; - высокая эргonomичность при сборочных операциях на конечных изделиях; - рабочая температура 150-250°C
8	Термостойкие технические ткани типа ТТА артикулов 86127-02, 86131-02, 86135-03, 86165-04	Негорючие купола для парашютов. Чехлы, элементы космических антенн, экранно-вакуумная теплоизоляция, элементы интерьера в конструкциях космических и летательных аппаратов. Термо-, огнестойкая защитная рабочая и специальная одежда	- исключение возможности загорания текстильных фрагментов изделий; - снижение массы изделий; - рабочая температура изделий от минус 196 до плюс 350 °C; - замена импортных материалов

1	2	3	4
9	Термостойкие экранирующие ткани типа ТТКА-с и ТТКА-сч артикулов 56420 и 5368/2	Негорючие плоскоэкранирующие от ЭМИ элементы космических и летательных аппаратов и приборов военной техники	- снижение массы изделий; - эргономичность при комплектации узлов изделий
10	Ткани технические металлизированные ТТАМ, МПТТА, ПТТА	Негорючая термостойкая основа для изделий специального назначения (приборы, экраны)	- эффективное стекание статического электричества; - снижение массы изделий; - исключение возможности загорания
11	Негорючие высокообъемные специальные технические полотна типа «Богатырь». Термостойкий декоративно-отделочный материал «АРЛИТ»	Конструктивные и декоративно-отделочные элементы интерьера кабин спускаемых космических аппаратов	- полное исключение возможности загорания элементов текстильных фрагментов интерьера; - снижение массы изделий; - регулируемая декоративность

1.3. Источник финансирования.

Собственные средства ООО «ЛИРСОТ»

2. Актуальность проекта.

Своевременность данного проекта и его реализация в текущем периоде были обусловлены рядом факторов:

- накопленным научным опытом предыдущих исследований в области разработки современных высокотехнологичных многофункциональных волокнистых материалов, отвечающих требованиям создателей изделий специальной техники. Очевидной и в ряде случаев неотложной является потребность в доступных отечественных материалах со специфическими свойствами, такими, как высокие показатели термической стабильности и устойчивости к тепловым, огневым воздействиям, различным излучениям, в частности УФ-излучению, а также потребность в волокнистых материалах не только имеющих повышенный уровень упруго-механических характеристик (прочность на разрыв, модуль упругости, способность к переработке и т.д.), но и в материалах с повышенной стабильностью и равномерностью таких показателей с возможностью их длительного использования в различных климатических зонах (Арктика, субтропики, тропики);
- ужесточением зарубежных санкций в части получения как самих материалов (полный запрет на импорт известных волокнистых материалов типа Кевлар, Тварон, Зилон, нитей Р-84), так и практически полная невозможность использовать зарубежный научно-технологический опыт в указанной области;

- ООО «ЛИРСОТ» располагало и располагает возможностью провести в достаточно короткое время соответствующие работы и обеспечить запросы изготовителей специальной техники высокотехнологичными волокнистыми материалами полиимидной природы.

3. Технологический уровень.

3.1. Технологическая новизна проекта

На основании экспериментальных исследований, проведенных в 2016-2018 г.г. в области совершенствования технологии получения термо-, огнестойких полиимидных нитей, были реализованы в масштабах действующего производства следующие мероприятия, предусмотренные проектом и имеющие элементы новизны:

- освоен гетерогенный синтез исходного полимера – полиамидокислоты. Научные и практические результаты – снижение температуры начальной стадии полимерообразования, уменьшающее возможность возникновения побочных реакций;
- введена операция проведения заключительной стадии синтеза при более высокой и регулируемой температуре и более интенсивном перемешивании реакционной массы в отличие от рекомендаций ранее разработанного технологического регламента. Результат – выравнивание среднего значения молекулярной массы синтезируемой полиамидокислоты, стабилизация свойств получаемого полимерного раствора, приводящие в конечном итоге к получению полиимидных нитей с низким показателем коэффициента вариации по разрывной нагрузке;
- впервые осуществлено введение в реакционную среду катализатора термообработки ПАК-нитей при конверсии исходных реагентов в пределах 80-93% от теоретического. Результат – более быстрое и равномерное распределение катализатора в реакционном растворе по причине низкой динамической вязкости последнего и равномерное содержание катализатора в свежесформованной ПАК-нити, направляемой на термообработку;
- разработаны параметры поэтапной термической обработки одиночных ПАК-нитей, создано и освоено оборудование для проведения этой операции в непрерывном режиме в отличие от штатного режима периодической термообработки. Оборудование представляет собой вертикально расположенный аппарат, состоящий из обогреваемых трубок, соединенных вверху полукольцевым трубчатым переходом. Нить проходит первый трубчатый элемент с повышающим температурным градиентом в зоне температур 100-250°C и через переход попадает во вторую высокотемпературную зону с температурой 500-600°C и с понижающим температурным градиентом. Результат – значительное сокращение времени термообработки, стабилизация показателей равномерности механических характеристик полиимидных нитей, в частности, коэффициента вариации по разрывной нагрузке. Двухстадийная термическая

обработка не нарушает целостности аппаратурно-технологического оформления процесса и может функционировать одновременно с периодической термообработкой.

3.2. Сравнение с лучшими мировыми аналогами.

Отечественные полиимидные нити Аримид® относятся к классу термо-, огнестойких материалов. В мировой практике к подобному классу можно отнести арамидные нити Номекс® (Du Pont, США), Конекс® (Teijin, Япония), Ньюстар® (Yantai Spandex, КНР), а также собственно полиимидные нити Р-84 (Evonik, Австрия), Йилун®95 (Changchun hipolyking, КНР), ASPI® (Jiangsu Aoshen new material, КНР), полиамидоимидные нити Кермель® (Kermel, Франция) и нити из полибензимидацолов ПБИ (Hoehst-Celanese, США). Ниже приведены сравнительные физико-механические показатели термо-, огнестойких нитей (таблица 3).

Таблица 3 – Сравнительные физико-механические показатели термо-, огнестойких нитей

Наименование показателя	Значение показателя для нити						
	Аримид	Р-84	ASPI, Yilun95	Ньюстар	Конекс, Номекс	ПБИ	Кермель
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	50-60	50-55	30-45	45-50	45-50	35-55	25-40
Разрывное удлинение, %	10-15	18-25	9-12	15-25	15-25	25-30	18-25
Модуль упругости, ГПа	10-15	11-15	10-15	11-15	10-16	8-12	4-11
Удельная разрывная нагрузка в петле, сН/текс	40-48	35-37	18-32	33-40	39-43	21-33	13-19
Удельная разрывная нагрузка в узле, сН/текс	38-45	32-38	16-31	30-32	28-32	18-27	14-21
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке нитей, %	1,0-3,5	8-15	9-16	-	6-10	-	-

Из данных таблицы видно, что по основным физико-механическим показателям отечественные полиимидные нити практически не уступают лучшим зарубежным аналогам и имеют хорошие текстильные свойства (высокие значения величин разрывного удлинения, прочности в узле и в петле), превосходя зарубежные материалы по показателю коэффициента вариации по разрывной нагрузке. При этом полиимидные нити Аримид® отличаются хорошей устойчивостью к действию открытого пламени (оценка по показателю кислородного индекса, КИ) и к длительному воздействию повышенных температур. На рисунках 1 и 2 показаны величины КИ и максимальной температуры длительной эксплуатации этих нитей.

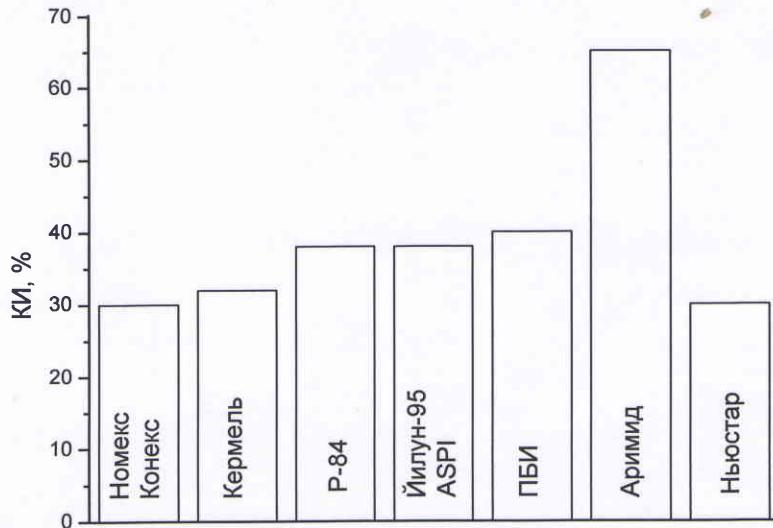


Рисунок 1 - Кислородный индекс (КИ) некоторых термостойких волокон

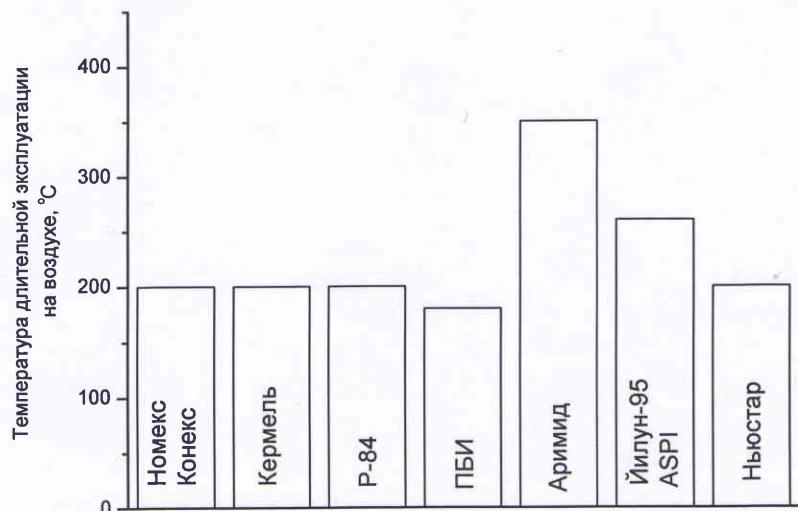


Рисунок 2 - Температура длительной эксплуатации термостойких волокон

Установлено, что по термостабильности и огнезащищенности полиимидные нити Аримид[®] значительно превосходят известные зарубежные термостойкие материалы, включая выпускаемые фирмой Evonik чисто полиимидные нити Р-84 и нити ASPI, Yilun95 китайского производства. Изделия из нитей Аримид[®] могут длительно использоваться при температурах до 350⁰C, в то время как температура длительной эксплуатации гетероциклических нитей (Кермель, Р-84, ПБИ, ASPI, Yilun95) составляет 225-250⁰C, а метаарамидных нитей (Номекс, Конекс, Ньюстар) не превышает 200⁰C. Огнестойкость российских полиимидных нитей Аримид[®] по показателю КИ составляет 65%.

3.3. Наличие и охрана интеллектуальной собственности, культурного наследия.

Научно-технологические предложения, предусмотренные проектом, защищены следующими документами:

- патент РФ на изобретение № 2603796 «Нити из полностью ароматических полиимидов с высоким уровнем равномерности физико-механических показателей и способ их получения», опубл. 27.11.2016г. бюлл. изобретений № 33;
- патент РФ на изобретение № 2687417 «Высокопрочная высокомодульная термо-, огнестойкая полиимидная нить и способ ее получения», опубл. 13.05.2019г. бюлл. изобретений № 14;
- товарный знак Аrimid® № 82591.

4. Практическая ценность и эффективность (потребительский спрос, стоимость продукции).

Практическая ценность проекта заключается в том, что разработана усовершенствованная технология получения высокотехнологичных термо-, огнестойких полиимидных нитей, которая в настоящее время является основой постоянно функционирующего малотоннажного опытно-промышленного производства на промплощадке ООО «ЛИРСОТ». Ежегодный выпуск полиимидных нитей различного назначения и ассортимента на освоенном производстве составляет 2,5-5,0 тонн. Нити и материалы на их основе выпускаются в соответствии с требованиями 30-ти технических условий. Заказчиками и потребителями указанных материалов являются: ОАО «РКЦ ПРОГРЕСС» г.Самара, ОАО «ИСС имени М.Ф.Решетнёва» г.Железногорск, Красноярский край, ФГУП Московское машиностроительное производственное предприятие «САЛЮТ» г.Москва; ФГУП «НПО имени С.А. Лавочкина» г.Химки, Московская область; ФГУП «КБ химического машиностроения имени А.М.Исаева» г.Королёв; ФГУП ГКНПЦ им. М.В. Хруничева г. Москва, ПО «Полет» - филиал ФГУП ГКНПЦ им. М.В. Хруничева г.Омск; ФГУП «ЦНИИХМ» г. Москва; ФГУП «ОКБ КП» г.Мытищи, Московская область; Институт космических исследований ИКИ РАН г. Москва; ОАО «Российский космические системы» г. Москва; ОАО РКК «Энергия» им. С.П.Королева г.Королёв, Московская обл.; ОАО «НПО Энергомаш имени академика В.П.Глушко» г.Химки, Московская обл.; ЗАО «НИИКАМ» г. Москва, ОАО «Авиационно-космический Спецкомплект»; ООО «БИ Питрон», г. Санкт-Петербург; ОАО «Лыткаринский машиностроительный завод», Московская обл.; ОКБ им. А. Люльки, г. Москва и ряд других предприятий ракетно-космической, оборонной, атомной и авиационной отраслей промышленности.

Эффективность проекта базируется на комплексе физико-механических, физико-химических, эргономических показателей и характеристик полиимидных нитей, проявляемом в процессе эксплуатации соответствующих изделий. Получаемые полиимидные нити обладают

высокой огнезащищенностю, превосходят по этому показателю все известные органические волокнистые материалы, длительно работоспособны при температурах до 350°C, выдерживают воздействие открытого пламени и теплового удара с температурой 800-1000°C, не выделяя при этом дыма, сохраняют основные механические характеристики (прочность, эластичность) при температурах от минус 196 до плюс 400°C, имеют низкую теплопроводность, отличаются высокой устойчивостью к жесткому радиационному и ионизирующему излучению, к воздействию арктического, субтропического и морского климата, соляного тумана, патогенных микроорганизмов и плесени, нефтепродуктов, масел, химических реагентов и ряду других вредных факторов. Экспериментально подтверждена целесообразность использования нитей Аримид® для технических и текстильных изделий, эксплуатируемых в условиях Арктики. Технологическая и эксплуатационная эффективность от использования конкретных изделий приведена выше в таблице 2.

Проведенная на данном этапе работа по реализации проекта не изменила производительность установки. Стоимость продукции сохранена на уровне ранее выпускаемых полиимидных нитей и волокнистых материалов из них. Экспертно показано, что создание производства полиимидных нитей до 100 тонн/год с применением результатов разработанного проекта и современного оборудования позволит снизить стоимость продукции в 2,5 раза.

Стоимостная оценка экологического эффекта и эффекта энерго-ресурсосбережения от реализованного проекта на данном этапе не проводилась.

5. Экономические показатели проекта.

5.1. Стоимость реализации проекта составляет 40 520 тыс. руб.

5.2. Срок окупаемости инвестиций 6,5 лет.

5.3. Предотвращенный ущерб.

Функционирование производства по освоенному проекту не наносит ущерба природе и здоровью людей в рядом расположенных населенных пунктах. Волокнистые полиимидные материалы сохраняют в течение 25 лет стабильность химической структуры, не выделяют вредные вещества в окружающее пространство при хранении и использовании, при возможном контакте с огнем обугливаются без выделения дыма и распространения пламени, устойчивы к микроорганизмам. Различные типы специальной одежды из полиимидных нитей комфортны, эргономичны и безопасны для эксплуатации.

Генеральный директор ООО «МИРСОТ»



Т.К. Мусина