

МИНИСТЕРСТВО ВЫШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РСФСР

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи

КАГАНОВСКИЙ Игорь Александрович

УДК 664.8.002.5

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОЧИХ
ОРГАНОВ ЗАКАТОЧНЫХ МАШИН

Специальность 05.02.14 Машины и агрегаты
пищевой промышленности

Автореферат
диссертации, представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук

Москва - 1984

Работа выполнена в Дальневосточном техническом институте
рыбной промышленности и хозяйства.

Научный руководитель доктор технических наук,
профессор Э.А.БАЛАКИР

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор Г.А.Прейс
кандидат технических наук, доцент А.Ф.Котельников

Ведущее предприятие - НПО Дальтехрыбпром.

Защита состоится "5" декабря 1984 года на заседании специализированного совета К 063.51.01 при Московском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте пищевой промышленности по адресу: 125080, Москва А-80, Волгоградское шоссе, 11.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "5" ноября 1984 года.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук

Н.Л.КУЗНЕЦОВА

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В Продовольственной программе поставлена задача увеличить выпуск пищевых продуктов, в т.ч. рыбных консервов к 1985 г. до 3 млрд. условных банок.

Для решения поставленной задачи жестяно-баночное и коноервное производство должно быть обеспечено высокопроизводительным и надежным оборудованием.

Анализ показывает, что надежность закаточных машин и качество консервов снижаются из-за недостаточной износостойкости рабочих органов: закаточных роликов, опорных тарелок и закаточных патронов.

Ресурс рабочих органов низок: в рыбной промышленности в зависимости от закатываемой продукции наработка на закаточный ролик составляет всего 0,2-1,2 млн. усл. банок, на опорную тарелку - 0,2-0,8 и на закаточный патрон - 1,7-2,5 млн. усл. банок.

Предприятия рыбной промышленности расходуют на изготовление этих рабочих органов и приобретение их за рубежом значительные средства.

В связи с этим повышение надежности закаточных машин связано с повышением долговечности их рабочих органов.

Научная новизна. На защиту выносятся новые научные результаты:

- определены критерии и нормы износа рабочих органов закаточных машин;
- установлен усталостный характер изнашивания рабочих органов, активируемый абразивным и окислительным воздействием среды;
- предложены гипотетические зависимости, характеризующие влияние режимов закатывания и свойств материала на интенсивность изнашивания рабочих органов;
- разработаны экспериментальные установки для определения усилий закатывания, оценки напряженного состояния рабочей канавки закаточного ролика, определения момента трения, создаваемого опорной тарелкой, оценки состояния лакового покрытия, изучения износостойкости материалов в присутствии агрессивной жидкой среды, имитирующие условия эксплуатации закаточных машин.

Практическая ценность. Предложены методы повышения долговечности рабочих органов:

- применение закаточных роликов из металлокерамических твер-

дых сплавов и стальных с хромированием рабочей поверхности по-
высило их долговечность соответственно в 15 и 9 раз;

- применение износостойкого покрытия рабочей поверхности
/а.с. 688425/ и эксцентричная установка опорной тарелки увеличи-
ли долговечность в 20 раз;

- упрочнение рабочей поверхности закаточного патрона твер-
дым сплавом - в 6 раз;

- технология восстановления работоспособности закаточных
роликов перешлифовкой, обеспечивающая их дальнейшую эксплуата-
цию с минимальными затратами.

Апробация результатов и внедрение в производство. Отдельные
разделы и результаты настоящей работы должны и обсуждены на
научных конференциях Дальневосточного технического института
рыбной промышленности и хозяйства в 1977-1983 гг., во Всеизо-
ном рыбопромышленном объединении Дальрыба в 1975, 1983 и 1984 гг.
По материалам диссертации опубликовано 12 печ.работ, получено
два авторских свидетельства. Пять экспонатов, выполненных по ре-
зультатам исследований, демонстрировались на ВДНХ СССР. Два из
них: "Технология восстановления закаточных роликов" и "Эксцен-
трическая установка опорной тарелки" - награждены бронзовыми меда-
лями ВДНХ.

Разработанная технология использована при восстановлении
закаточных роликов Находкинской жестяно-баночной фабрикой, про-
изводственными объединениями Дальморепродукт, Приморрыбпром, Са-
халинрыбпром. На заводе "Дальхимпром" с 1979 г. эксплуатируются
подвижные ролики из безвольфрамового твердого сплава ТС65, их
ресурс в 15 раз выше, чем у зарубежных, изготовленных из инстру-
ментальной стали.

Результаты исследований использованы ШКТБ Дальрыбы при про-
ектировании участка хромирования закаточных роликов. Опорные та-
релки с износостойким покрытием рабочей поверхности с 1979 г. по
настоящее время эксплуатируются на Московском картонажно-подиграф-
ическом комбинате.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения,
четырех глав, общих выводов, перечня использованных литературных
источников из 115 наименований и приложений.

Общий объем работы - 196 стр. машинописного текста, 78 рис.
В приложении приведены акты, протоколы промизделийных испытаний,
расчет экономической эффективности.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава первая. Большой вклад в исследования и развитие жестя-
но-баночного и консервного производства внесли М.Я.Дикис, А.Н.
Мальский, К.М.Порошин, В.М.Чупахин, И.Т.Леонов, Я.Ю.Локшин,
А.Е.Розенбелов, Г.Ю.Бершадский, Г.Х.Молдавский и др. советские
ученые и инженеры.

В главе приведен обзор литературы и анализ производственно-
го опыта изготовления металлической консервной тары, рассмотре-
на конструкция металлической консервной тары и закаточного шва,
конструкция рабочих органов закаточных машин, дан анализ спосо-
бов контроля качества закаточного шва, систематизированы данные
предприятий дальневосточного рыбного бассейна и определен необ-
ходимый уровень повышения технического ресурса рабочих органов
/табл. I/.

Показано, что долговечность рабочих органов закаточных ма-
шин зависит прежде всего от коррозионной активности среды. Уста-
новлено, что качество закаточного шва связано с износом рабочих
органов. Механизм изнашивания рабочих органов и пути существен-
ного повышения их долговечности, как показывает обзор литера-
турных источников, до настоящего времени изучен недостаточно.

На основании выполненного анализа сформулированы задачи ис-
следований:

1. Исследования кинематики и динамики формирования двойно-
го закаточного шва металлической консервной тары.

2. Разработка методик и экспериментальных установок, моде-
лирующих условия эксплуатации рабочих органов закаточных машин.

3. Исследование влияния параметров закатывания на износ ра-
бочих органов закаточных машин.

4. Исследование механизма изнашивания рабочих органов.

5. Разработка методов повышения долговечности рабочих орга-
нов закаточных машин и определение технико-экономической эфек-
тивности внедрения в промышленность результатов исследований.

Глава вторая. Материалы этой главы посвящены теоретическим
и экспериментальным исследованиям износа рабочих органов. С этой
целью проведен анализ усилий и скорости перемещения закаточных
роликов первой и второй операции при формировании двойного зака-
точного шва, на основе которого определен оптимальный профиль
ролика первой операции, выведены формулы скорости перемещения

Таблица I

Необходимое повышение технического ресурса (τ_н) рабочих органов закаточных машин

Наименование предприятия	Закаточный ролик			Спорная тарелка			Закаточный патрон		
	Q	T	n	Q	T	n	Q	T	n
Жестяно-баноч- ная фабрика	5,0	2,5	2	2,5	3,5	1	2,5	3,5	1
Плав завод	2,7	0,9	3	1,4	0,8	2	1,4	0,8	2
Рыбозавод	1,8	0,2	9	0,9	0,2	5	0,9	0,3	3

Примечания: Q - наработка за межремонтный период в млн. усл. банок
 T - технический ресурс детали в млн. усл. банок

ролика по материалу шва, определены силы, действующие на ролик при прохождении углового шва. На основании теоретических исследований и обобщения производственного опыта определен предельный износ рабочих органов. Разработана методика оценки и средства контроля износа рабочих органов.

Для определения контактных напряжений на специально сконструированной установке измерены усилия закатывания. Установлено, что контактные напряжения ниже предела текучести материала. Расчет контактных напряжений и числа циклов до разрушения рабочих органов свидетельствовал о вероятности усталостного разрушения. Экспериментальное исследование влияния параметров закатывания на износ закаточных роликов проведено путем анализа распределения линейного износа, скорости скольжения и контактной нагрузки по профилю рабочей канавки. Доказано доминирующее влияние на интенсивность изнашивания контактной нагрузки и продолжительности контактирования. Установлено, что интенсивность изнашивания при заданных профилях и механических свойствах материала закаточного ролика может быть снижена за счет увеличения частоты вращения ролика и числа обкатов /уменьшения контактной нагрузки/.

При исследовании механизма изнашивания использовали металлографический, электроннографический, спектральный анализ, определение изменения шероховатости поверхности. Выявлено наличие упрочненной зоны /до 400 мкм/, сетки усталостных трещин и отслаивающихся частиц на рабочей поверхности, следы микрорезания и окислительного разрушения.

Полученные результаты, характеризующие состояние рабочей поверхности, были использованы для определения механизма изнашивания. Таким образом, установлено, что при отсутствии агрессивной пищевой среди износ закаточных роликов, опорных тарелок и закаточных патронов в наибольшей степени соответствует усталостному механизму /табл. 2/.

Из уравнений усталостного и абразивного изнашивания нами получена аналитическая зависимость интенсивности изнашивания рабочих органов от свойств материала и режимов закатывания:

$$J_{общ} = J_{уст} + J_{абр} = A_1 \cdot K_{тв} \cdot p \left(p^{0,25} \cdot \frac{t_4}{\sigma_0} \right)^{\frac{p}{A_2}} + A_2 \cdot \frac{p}{\eta B}, \quad (1)$$

где A₁ и A₂ - факторы, зависящие от микрогеометрии поверхности закаточного шва и условий контакта;

Таблица 2

Характеристика износа рабочих органов закаточных машин

Критерий оценки износа	Виды износа	Наименование детали и условия работы					
		Закаточный ролик	Опорная тарелка	на воздухе	воздух - коррозионная среда	на воздухе	коррозионная среда
Шероховатость поверхности, класс глубина разрушения слоя, м	I-I ₄	5, ниже I	5-12	8	ниже I	5	ниже I
	до 50·10 ⁻⁴	до 20·10 ⁻³	до 2·10 ⁻⁴	(5-7)·10 ⁻²	.10 ⁻⁴	не проводились	
Температура поверхного закативного слоя, К	до 373	до 373	до 323	до 373 до 323	до 323 до 373 до 373		
Изменение химического и фазового состава поверхности слоя	нет	нет	нет	образование твердой фазы окислил эвт.	образование окислов нет	образование окислов нет	образование окислов нет
Строительное изменение твердости поверхности слоя							
Нагст	до 2	до 2-5	1,5-2	1,3	0,3	1,5	0,8
Писх		зависит от сорта и материала					
Скорость процесса разрушения, мкм/ч	до 100	до 50	3	35	2,5	45	0,6
Задачи на контактных напряжениях	$\sigma_k \leq \sigma_t$		$\sigma = 0,36 \sigma_t$	$\sigma = 0,60 \sigma_t$	$\sigma_k = 0,60 \sigma_t$	$\sigma_k = 0,25 \sigma_t$	

- 8 -

- 9 -

 K_{tr} - коэффициент;

р - номинальное давление;

Е - модуль упругости;

 σ_0 - разрушающее напряжение при однократном нагружении; t_f - параметр кривой фрикционной усталости;

НВ - твердость материала.

При выводе уравнения принято, что свойства материала закаточного шва, режимы закатывания и другие внешние факторы остаются неизменными.

Анализ выражения /1/ показал, что наибольшее влияние на интенсивность изнашивания оказывают предел прочности и показатель кривой фрикционной усталости материала.

Таким образом, эффективными способами повышения износостойкости рабочих органов при работе в контакте с агрессивными пылевыми средами можно считать выбор материалов с высокими физико-механическими свойствами.

Глава третья. В главе описана методика исследования материалов и установки, имитирующие условия эксплуатации рабочих органов закаточных машин.

При проектировании установки для определения относительной износостойкости материалов учитывали основные факторы, влияющие на износ: контактные напряжения, скорость скольжения при трении ролика о материал шва, наличие агрессивной среды. Испытывались натурные ролики в среде, содержащей 10% уксусной кислоты и 20% поваренной соли, и на воздухе. Износ оценивали по потере массы. Корреляционная обработка результатов испытаний образцов из отечественной и зарубежной стали, с хромовым покрытием и подвергнутых химико-термической обработке, а также металлокерамических, в т.ч. из безвольфрамовых твердых сплавов, показала, что зависимость износа от пути трения линейная.

Испытаниями установлено, что в агрессивной среде наибольшей износостойкостью обладали ролики из твердых сплавов ВК15, ТС40ХН и хромированные. Стали Х12М и СНС-21 имели низкую износостойкость. Применение химико-термической обработки, в частности борирования, в 2-3,5 раза повышает износостойкость. В условиях трения на воздухе наибольшей износостойкостью обладали ролики из сплава ВК5 и Р6Б. Стали Х8Г и СНС-21 и в этих условиях имели низкую износостойкость. /табл.3/.

для исследования эксплуатационных свойств опорных тарелок

Таблица 3

Относительная износостойкость материалов

Среда	Неменованные материалы образцов									
	Показатели износа	X12M	ХЭГ	SNC-2T	ХВГ борир.	SNC-2T борир. хромир.	БК15	TC40XH	TC65	
В электролите	У	29,10x	-	25,47x	8,13	9,98x	1,63x	1,00x	3,97x	18,30x
	ε	1	-	1,14	3,58	2,91	17,75	17,75	16,60	1,59
На воздухе	У	-	24,90x	20,30	-	-	-	1,20x	-	1,67x
	ε	-	1	1,23	-	-	-	20,78	-	14,92

Примечания:

У - коэффициент зависимости износа от пути трения

ε - относительная износостойкость

разработаны экспериментальная установка, определяющая момент трения тарелки с закатываемой банкой, и прибор для оценки повреждения лакового покрытия.

Для выяснения способов повышения долговечности закаточных роликов, применяемых иностранными фирмами, произведено измерение твердости образцов, химический и металлографический анализ. Установлено, что высокая износостойкость достигается за счет применения литых твердых сплавов, методов порошковой металлургии с последующей химико-термической обработкой и сталей с высокими механическими свойствами.

Глава четвертая. Проведенные исследования и анализ механизма изнашивания позволили предложить способы повышения износостойкости рабочих органов закаточных машин.

Для закаточных роликов очевидной следует считать возможность повышения долговечности за счет применения известных жидких и твердых смазок. Преждевременная замена закаточных роликов, не достигших предельного износа, может быть исключена применением предложенных методов контроля профиля рабочей канавки.

Резервирование долговечности оставлением припуска на перешлифовку позволяет восстанавливать закаточные ролики /рис. 1/.

К существенному повышению долговечности приводит применение материалов с высокими механическими характеристиками: твердых сплавов, прежде всего безвольфрамовых, например ТС65 и ТС40ХН, наиболее перспективных по технологическим и эксплуатационным соображениям, а также использование защитных покрытий, наносимых гальванически и наплавкой. Предложены материалы и технология изготовления закаточных роликов из пластифицированных и отожженных твердосплавных заготовок, и гальванического хромирования с корректировкой профиля заготовки, исключающей последующую механическую обработку; приспособления и другие устройства, повышающие точность и производительность изготовления закаточных роликов.

Технологическим средством повышения долговечности опорной тарелки является формирование рабочей поверхности заданной шероховатости путем плазменного напыления износостойкого материала соответствующей зернистости /а.с. 688425/.

Повышение долговечности опорной тарелки также может быть достигнуто усовершенствованием конструкции узла подъемника. При этом тарелка устанавливается эксцентрично закатываемой банке

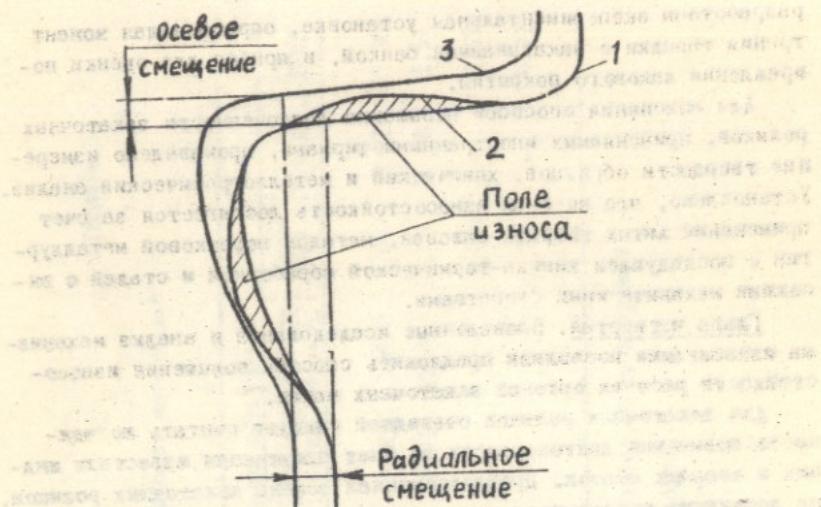


Рис.1. Смещение профиля при восстановлении закаточного ролика. 1-исходный профиль; 2-изношенный профиль; 3-восстановленный профиль.

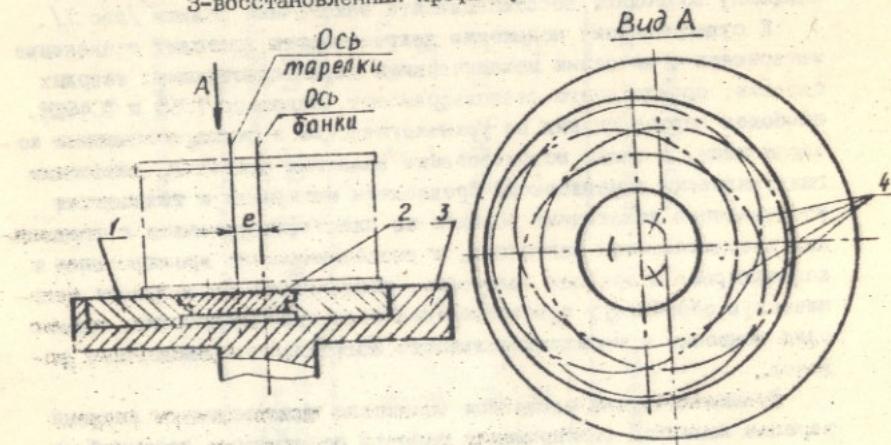


Рис.2. Эксцентричная установка опорной тарелки на подъемном столике. 1-опорная тарелка; 2-прижимной диск; 3-подъемный столик; 4-точка контакта с банкой.

/рис.2/. Кроме того, рабочие поверхности у тарелки предложено выполнять на обеих плоскостях.

Долговечность закаточных патронов может быть увеличена на-несением на их рабочую поверхность износостойкого покрытия.

Определенный эффект может дать изменение конструктивной схемы процесса укупорки металлической консервной тары. Рассмотрены два варианта, включающие использование эффектов "памяти формы" /а.с. 466180/ и магнитно-импульсного. Особенность этих схем заключается в осуществлении укупорки без прямого контакта рабочих органов с деформируемыми элементами закаточного шва.

Производственные и лабораторные испытания подтвердили эф-фективность предложенных средств: восстановленные закаточные ролики не отличаются от новых, твердосплавные ролики в 15 и бо-лее раз долговечнее стальных, хромирование увеличивает ресурс в 9 раз.

Испытания опорных тарелок с различной рабочей поверхностью показали улучшение эксплуатационных свойств у тарелок с напы-ленной поверхностью. Эксплуатация предложенных тарелок на Мос-ковском картонажно-полиграфическом комбинате с 1979 г. показа-ла, что тарелка с покрытием из никрома в четыре раза долговеч-нее стальной.

Испытание закаточного патрона с рабочей поверхностью из сплава ВСНГ показало повышение износостойкости в шесть раз.

Приведен расчет экономической эффективности предложенных способов повышения долговечности рабочих органов закаточных ма-шин для предприятий дальнего Востока. Годовой эффект составит около 175 тыс. рублей.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В результате анализа опыта эксплуатации закаточных ма-шин рыбоконсервных предприятий дальнего Востока установлено оп-ределяющее влияние на долговечность рабочих органов воздействия коррозионно активных пищевых сред. Износ закаточных роликов ха-рактеризуется увеличением ширины и глубины рабочей канавки и увеличением шероховатости поверхности; опорных тарелок - измене-нием геометрии выступов; закаточных патронов - уменьшением ди-аметра рабочей поверхности. Определены предельно допустимые зна-чения износа рабочих органов.

2. Установлен усталостный характер изнашивания рабочих органов закаточных машин, активизируемый абразивным и окислительным воздействием пищевой среды.

3. Предложены аналитические зависимости, характеризующие влияние режимов закатывания и прочностных свойств материала на интенсивность изнашивания рабочих органов.

4. Исследованиями образцов на специальных установках в условиях, соответствующих натурным, установлено, что по износостойкости конструкционные материалы, из которых изготовлены закаточные ролики, располагаются в следующем порядке: Х12М, ХВГ /борированная/, ТС40ХН, сталь Х12М /хромированная/, ВК15.

Испытания износостойких покрытий поверхности опорных тарелок показали преимущества эксплуатационных свойств рабочей поверхности, шероховатость которой создается определенным размером зерен сплава СНГН.

5. Производственные испытания предложенных рабочих органов закаточных машин показали их технологичность и повышенную долговечность: закаточных роликов - в 9-15 раз; опорных тарелок - в 20 раз; закаточных патронов - в 6 раз.

6. Экономический эффект от внедрения рабочих органов закаточных машин повышенной износостойкости на предприятиях Дальневосточного рыбного бассейна составит около 175 тыс.руб.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Кагановский И.А., Морозенко В.С. Твердосплавные закаточные ролики. - В кн.: Промышленное рыболовство и механизация. - ТИНРО, Владивосток, 1970, вып.3, с.84-88.

2. Кагановский И.А., Тур В.И., Флomenblit A.I. О предельно допустимом износе закаточных роликов. - В кн.: Промышленное рыболовство и механизация. - ТИНРО, Владивосток, 1972, вып.3, с.165-171.

3. Кагановский И.А. Контроль геометрии рабочих канавок закаточных роликов. - В кн.: Промышленное рыболовство и механизация. - ТИНРО, Владивосток, 1970, вып.3, с.89-92.

4. Кагановский И.А., Тур В.И. Определение качества закаточного шва жестяной консервной тары по его основным размерам. - В кн.: Известия ТИНРО, Владивосток, 1972, т.83, с.164-168.

5. Кагановский И.А., Сучкова Л.Н. Исследование износостойкости материалов закаточных роликов. - В кн.: Исследование по технологии рыбных продуктов. - ТИНРО, Владивосток, 1975, вып.4, с.127-131.

6. Исследование износа закаточных роликов и пути повышения их долговечности. Отчет /Дальрыбвтуз, науч. руководитель темы И.А.Кагановский/; инв. № Б209497. - Владивосток, 1972, 72 с.

7. Кагановский И.А. Способ укупорки тары крышками. - А.с. 466180. Заявл. 18.06.73. Опубл. в Б.И., 1975, № 13.

8. Кагановский И.А., Филиппов Г.С. Опорная тарелка для закаточной машины. - А.с. 688425. Заявл. 17.06.77. Опубл. в Б.И., 1979, № 36.

9. Балакир Э.А., Кагановский И.А., Филиппов Г.С. Повышение износостойкости опорных тарелок для закаточных машин. - В кн.: Оборудование для мясо-молочной, рыбной и мельнично-элеваторной промышленности. - М., ЦНИИЭМлегпищемаш, 1979, вып.1, с.1-4.

10. Кагановский И.А. Восстановление работоспособности закаточных роликов. - Дальрыба, Обработка рыбы и технол. оборудование. 1981, № Д-27-3 с.

11. Кагановский И.А. Измерение высотных параметров закаточных роликов. - Дальрыба, Обработка рыбы и технол. оборудование. 1981, № Д-78-3 с.

12. Кагановский И.А., Степанченко С.Я. Твердосплавные подвивочные ролики. - Приморский ЦНТИ. Информ. листок, 1982, № 97-32-2 с.

Жан

Кагановский Игорь Александрович

Автореферат диссертации, представленной на
соискание учёной степени кандидата технических наук

Подписано в печать 24.10.84. В № 12041. Формат 60x84/16. Бумага писчая.
Печать офсетная. Неч. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 126.

Офис ГИРО, обсерто-ротапринтная лаборатория Дальвостука.
Благодарю, Еланская, 25