



# АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ПРОМЫВКИ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ПЕРЕД НАНЕСЕНИЕМ ПОКРЫТИЙ В ВАКУУМЕ

А.А.Будилович, А.Г.Дорошкевич, к.т.н.,  
А.А.Мельников, В.П.Наконечный, А.В.Романович,  
В.С.Томаль, к.т.н., Т.Г.Шушканова,  
ОАО "Оптическое станкостроение и вакуумная  
техника", os\_vt@mail.belpak.by, Минск, Беларусь

Поскольку функции фильтров, объективов, оптических изоляторов и фазовращательных пластинок, поляризаторов и зеркал в большинстве случаев зависят от качества нанесенного покрытия, то после операций шлифовки и полировки оптических деталей они проходят операции промывки. В статье приведено описание автоматизированного комплекса промывки АКП-3 для финишной промывки крупногабаритных оптических деталей из кварцевого стекла перед нанесением покрытий в вакууме. Приведены технические характеристики комплекса.

**P**разработка и изготовление оптического оборудования – традиционно сильные стороны работы предприятия ОАО «Оптическое станкостроение и вакуумная техника» (ОАО «ОС и ВТ»). На протяжении более сорока лет специалистами компании разработано более 180 моделей станков, вакуумных установок и промывочных комплексов, которые внедрены в оптическое производство на предприятиях ближнего и дальнего зарубежья. За последние пятнадцать лет в компании «ОС и ВТ» разработано 23 модели современного оборудования. Автоматизация управления работой оборудования для производства оптических деталей осуществляется промышленными компьютерами или программируемыми контроллерами.

Промывка оптических деталей – сложный технологический процесс, объединяющий последовательность различных технологических операций: удаление загрязнений, ополаскивание, сушку. Оборудование нового поколения представляет автоматизированный комплекс промывки модели АКП-3 (далее комплекс). Он объединил в своей конструкции лучшие решения, используя

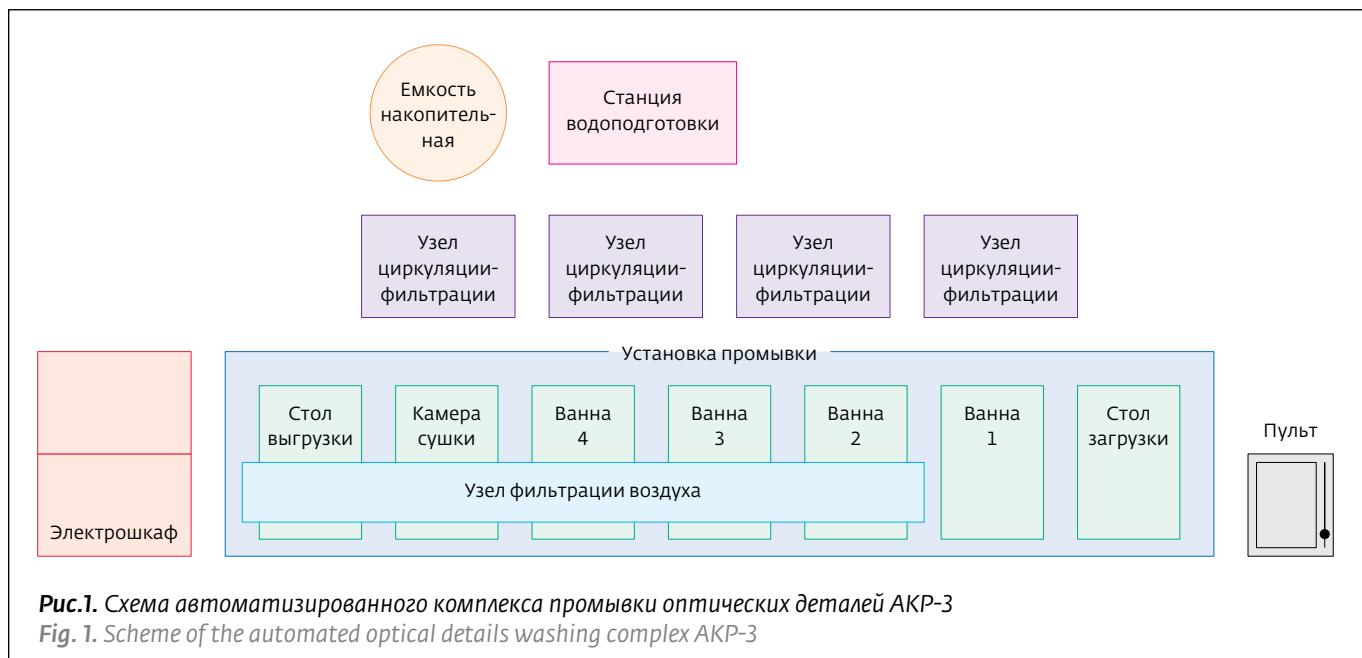
# AUTOMATED OPTICAL DETAILS WASHING COMPLEX USED BEFORE COATING THE DETAILS IN VACUUM ENVIRONMENT

A.A.Budilovich, A.G.Dorosdkevich, Candidate of Technical Sciences, A.A.Melnikov, V.P.Nakonechny, A.V.Romanovich, V.S.Tomal, Candidate of Technical Sciences, T.G.Shushkanova, OJSC "OS and VT", os\_vt@mail.belpak.by, Minsk, Belarus

Since the functions of filters, lenses, optical isolators and phase-shift plates, polarizers and mirrors in most cases depend on the quality of the applied coating, after grinding and polishing of optical components, they undergo washing operations. This article describes the automated washing complex AKP-3 for final washing of large-sized optical parts made of quartz glass before coating in vacuum environment. The technical characteristics of the complex are described as well.

The development and manufacture of optical equipment is the traditional strengths of OJSC "Optical Machine-Tool Building and Vacuum Technology" (OJSC "OS and VT"). Over more than forty years, more than 180 models of machine tools, vacuum plants and washing complexes have been developed, which are introduced into optical production at the enterprises of near and far abroad. Over the past fifteen years, the employees of OJSC "OS and VT" have developed 23 models of modern equipment. The equipment operation automation control for the production of optical parts is carried out by industrial computers or programmable controllers.

Washing optical components is a complex technological process that combines the sequence of various technological operations: removal of contaminants, rinsing, drying. New-generation equipment is represented by automated washing complex, AKP-3 model (hereinafter referred to as the complex). It combined in its design the best solutions used in the commercial washing installations of KP-1, KP-2 models, RTKP-1 complex and some others, as well as a number of fundamentally new developments. The complex is designed for finishing washing of optical



**Рис.1. Схема автоматизированного комплекса промывки оптических деталей АКР-3**

*Fig. 1. Scheme of the automated optical details washing complex AKP-3*

зуемые в серийных установках промывки моделей КП-1, КП-2, комплексе РТКП-1 и некоторых других, а также ряд принципиально новых разработок. Комплекс предназначен для финишной промывки оптических деталей из кварцевого стекла с максимальным размером  $760 \times 440 \times 80$  мм с использованием водных моющих растворов перед нанесением покрытий в вакууме. Основные технические характеристики комплекса АКР-3 приведены в таблице. Комплекс состоит: из установки промывки; станции водоподготовки; установок циркуляции-фильтрации для каждой промывочной ванны; узла фильтрации. На рис.1 приведена его схема. В состав установки промывки входят: четыре промывочные ванны и ванна сушки; автооператор; кассетоноситель и кассета; стол загрузки (камера нагрева) и стол выгрузки кассетоносителя с кассетой и деталью (далее кассетоноситель); защитное ограждение

parts made of quartz glass with a maximum size of  $760 \times 440 \times 80$  mm using aqueous washing solutions before coating in vacuum environment (Fig.1). The main technical characteristics of AKP-3 complex are given in the table below. The complex consists of a flushing unit; water treatment stations; circulation-filtration units for each wash bath; filter assembly.

The washing unit consists of four washing baths and a drying bath; auto-operator; cartridge carrier and cartridge; loading table (heating chamber) and cartridge carrier unloading table with a cartridge and a part (hereafter referred to as the cartridge carrier); protective enclosure of the working area of the unit; electric cabinet; remote control.

In the segment of manufacturing optics, there are a lot of competitors; therefore OJSC "OS and VT" retains its positions due to the fact that it provides convenience of processing: baths, loading and unloading tables are mounted within a single frame



рабочей зоны установки; электрошкаф; пульт управления.

В сегменте изготовления оптики очень много конкурентов, поэтому "ОС и ВТ" удерживает свои позиции за счет того, что обеспечивает удобство обработки: ванны, столы загрузки и выгрузки смонтированы в едином каркасе (рис.2). В установке первые четыре ванны предназначены для промывки оптических деталей в моющих растворах и в воде. Емкость ванн определена из расчета крупногабаритных обрабатываемых деталей. Каждая из ванн имеет переливное отверстие для слива жидкости в соответствующий узел циркуляции-фильтрации и распределительные карманы с патрубками для подачи очищенной жидкости обратно в ванны. Ванны снабжены бортовыми отсосами для удаления паров моющих растворов и воды и снабжены электронагревательными элементами, которые установлены на внешней стороне днищ ванн, датчиками температуры и датчиками уровня. В днищах ванн расположены сливные патрубки со штуцерами. Все ванны термоизолированы.

В основе процесса очистки лежит разрушение поверхностных пленок грязи в жидкости в результате кавитации и направленных акустических течений. Воздействие УЗ-полей на жидкие среды вызывает в них процессы кавитации [1]. Поэтому технология промывки деталей реализована таким образом, что первая и третья ванны снабжены ультразвуковыми (УЗ) излучателями с пьезокерамическими преобразователями. Они установлены на внешних боковых стенках ванн в определенном порядке и обеспечивают рав-

#### Основные технические характеристики комплекса АКП-3

Main technical characteristics of AKP-3

Наименование показателя Parameter	Величина показателей Value
Максимальный размер очищаемых оптических деталей, мм Maximum size of optical parts to be washed, mm	760×440×80
Количество ванн-позиций в установке, шт., из них: Number of bath-positions in the unit, pcs., including: - ультразвуковых (для моющих растворов) - ultrasonic (for detergent solutions) - для проточной воды - for running water - для сушки - for drying	5 2 2 1
Вместимость одной ванны, л, не менее Capacity of one bath, l, minimum	210
Диапазон регулирования температуры в ваннах, °C: Temperature range in the baths, °C	30–70
Диапазон регулирования температуры воздуха: Range of air temperature control: - в камере нагрева ОД на столе загрузки, °C - in the heating chamber on the loading table, °C - в ванне сушки, °C - in the drying bath, °C	30–70 30–70
Мощность ультразвукового генератора, кВт, не менее Power of ultrasonic generator, kW, minimum с регулировкой with regulation	1,0 10–100%
Количество УЗ генераторов на одну ванну, шт. Number of ultrasonic generators per bath, pcs.	2
Рейтинг фильтрации от механических примесей: Filtration rating from mechanical impurities: - моющих растворов, мк - detergent solutions, mc - воды очищенной без механических примесей, мк - purified water without mechanical impurities, mc - воды деионизованной, мк - deionized water, mc	1 0,5 0,2
Степень фильтрации воздуха: Degree of air filtration: - в зоне над ваннами и столом выгрузки – согласно классу чистоты помещения по ГОСТ Р ИСО 14644-1-2000 - in the area above the baths and unloading table – according to the class of room cleanliness according to GOST R ISO 14644-1-2000	5 ISO
Габаритные размеры ванны (внутренние), мм, длина×ширина×высота Overall dimensions of the bath (internal), mm, length × width × height	950×300×780
Габаритные размеры установки промывки, мм, длина×ширина×высота Overall dimensions of the washing unit, mm, length × width × height	5070×2285×3080
Габаритные размеры установки водоподготовки, мм, длина×ширина×высота Overall dimensions of the water treatment plant, mm, length × width × height	800×1400×1800
Габаритные размеры установки циркуляции – фильтрации, мм, длина×ширина×высота Overall dimensions of the circulation-filtration unit, mm, length × width × height	870×660×750



**Рис.2.** Комплекс АКР-3 обеспечивает удобство обработки: ванны, столы загрузки и выгрузки смонтированы в едином каркасе

**Fig. 2.** Complex AKP-3 provides convenience of processing: baths, loading and unloading tables are mounted within a single frame

номерное воздействие УЗ-поля в жидкости. УЗ-генераторы поддерживают в ваннах частоту УЗ-колебаний 40 кГц, а мощность УЗ-генераторов регулируется.

Оптические стекла и кристаллы чувствительны к воздействию влаги, которое приводит к изменению оптических свойств [2]. Для полного удаления воды с поверхности детали ее перемещают в камеру нагрева. Для процедуры перемещения четвертая ванна снабжена устройством медленного подъема кассетоносителя из ванны

Промываемая деталь устанавливается в кассету. Кассета с деталью помещается в кассетоноситель. Кассетоноситель имеет ролики для удобства загрузки и выгрузки его в установку. Кассетоноситель вручную устанавливается на стол загрузки, который одновременно является и камерой нагрева. Деталь прогревается до температуры моющих растворов с целью исключения ее повреждения из-за резких температурных перепадов при переносе из помещения в ванны с моющим раствором. Камера нагрева состоит из сварного корпуса, в котором размещены инфракрасные (ИК) излучатели. Контролируют температуру с помощью датчиков, установленных в корпусе излучателей. Камера нагрева термоизолирована.

Перенос кассетоносителя со стола загрузки в ванны и на стол выгрузки осуществляется автооператором в автоматическом режиме согласно заданной программе. Автооператор надежно

(Fig.2). The first four baths of the unit are designed for washing optical components in detergent solutions and in water. The capacity of the baths is determined from the calculation of large-sized processed parts. Each of the baths has an overflow outlet for draining liquid into the corresponding circulation-filtration unit and distributing pockets with nozzles for supplying purified liquid back to the baths. The baths are equipped with onboard suction devices to remove the vapors of detergent solutions and water, and are equipped with electric heating elements that are installed on the outside of the bath bottoms, temperature sensors and level sensors. The bath bottoms are equipped with drainage pipes with fittings. All baths are thermally insulated.

The destruction of surface films of mud in the liquid occurs as a result of cavitation and directed acoustic flows. The influence of ultrasonic fields on liquid media causes cavitation processes inside [1]. Therefore, the washing process for parts is implemented in such a way that the first and third baths are equipped with ultrasonic radiators with piezoceramic transducers. They are installed on the outer side walls of the baths in a certain order and ensure uniform influence of the ultrasound field in the liquid. Ultrasonic generators support the frequency of ultrasonic vibrations of 40 kHz in the baths, and the power of ultrasonic generators is regulated.

For optical glasses and crystals, the effect of moisture is critical; it leads to a change in optical properties [2]. For complete removal of water from the surface of the part, it is moved to the heating



захватывает кассетоноситель, плавно поднимает его со стола загрузки и из ванн, перемещает и опускает его на захватывающие устройства механизма качания в ваннах и на стол выгрузки. Положение кассетоносителя на каждой позиции фиксируется датчиками положения.

Для эффективного удаления загрязнений с поверхности детали используется механизм качания, с помощью которого кассетоноситель совершает возвратно-поступательные движения в вертикальной плоскости.

После промывки в четырех ваннах деталь переносится в ванну сушки, где с ее поверхности полностью удаляются остатки влаги. В ванне установлены ИК-излучатели. Контроль температуры осуществляется датчиками, установленными в корпусе излучателей. Ванна сушки также термоизолирована.

Последней позицией в процессе промывки детали является стол выгрузки. Выгрузка кассетоносителя со стола выгрузки производится вручную или с помощью подручных средств.

Качество промывки детали достигается и за счет использования специально подготовленной воды. Станция водоподготовки обеспечивает необходимые параметры воды по химическому составу и по размерам примесей. Водопроводная вода проходит через ряд фильтров - фильтр грубой очистки, фильтр умягчитель и фильтры тонкой очистки. После фильтров тонкой очистки вода подается во вторую ванну.

Вода для первой и третьей ванн дополнительно очищается, проходя через мембрану обратного осмоса, блок деионизации на смешанных смолах, установку обеззараживания, через дополнительный фильтр тонкой очистки и используется для приготовления моющих растворов. Вода для четвертой ванны дополнительно проходит через стерилизующий фильтр.

Установки циркуляции - фильтрации ванн предназначены для поддержания рейтинга фильтрации растворов и воды, а также для экономичного потребления воды за счет ее повторного использования. Основными составляющими установок циркуляции - фильтрации являются: циркуляционные насосы; накопительные емкости; фильтры, обеспечивающие необходимый рейтинг фильтрации; трубопроводы; манометры. Установка циркуляции-фильтрации для четвертой ванны дополнительно содержит еще один фильтр, обеспечивающий более тонкую очистку, смешанный ионообменник и УФ-лампу.

chamber. For the transfer procedure, the fourth bath is equipped with a device for slow lifting the cartridge carrier out of the bath

The product to be washed is installed in a cartridge. The cartridge with a piece is placed in the cartridge carrier. The cartridge carrier has rollers for easy loading and unloading in the unit. The cartridge carrier is manually installed on the loading table, which is also a heating chamber. The part is heated to the temperature of detergent solutions in order to exclude its damage due to sudden temperature changes during transfer from the room to the baths with a detergent solution. The heating chamber consists of a welded body where the infrared (IR) emitters are disposed. The temperature is controlled with the help of sensors installed in the body of the emitters. The heating chamber is thermally insulated.

The cartridge carrier is transferred from the loading table to the baths and to the unloading table by the auto-operator in the automatic mode according to the preset program. The auto-operator automatically grabs the cartridge carrier, smoothly lifts it from the loading table and out of the baths, moves and lowers it to the grips of a swing mechanism in the baths and on the unloading table. The position of the cartridge carrier at each position is fixed by the position sensors.

For effective removal of contaminants from the surface of the part, a swing mechanism is used, reciprocating the cartridge carrier in the vertical plane.

After washing in four baths, the part is transferred to a drying bath, where the remains of moisture are completely removed. The IR-emitters are installed in the bath. The temperature is controlled by sensors installed in the radiator housing. The drying bath is also thermally insulated.

The last position in the washing process of the work-piece is the loading table. Unloading of the cartridge carrier from the unloading table is done manually or with the help of improvised means.

The washing quality of the part is achieved by using specially treated water. The water treatment station provides the necessary water parameters in terms of chemical composition and additive size. Tap water passes through a series of filters: a coarse filter, a softener filter and fine filters. After the fine filters, water is fed into the second bath.

Water for the first and third baths is further purified by passing through the reverse osmosis membrane, deionization unit on mixed resins, decontamination unit, through an additional fine



Температура жидкостей в промывочных ваннах может устанавливаться от 30 до 70 °C, поэтому корпуса фильтров, насосы и трубопроводы комплекса изготовлены из термостойкого пластика или из нержавеющей стали.

Узел фильтрации воздуха предназначен для предотвращения попадания загрязнений и пыли в финишную зону очистки и создания ламинарного потока очищенного воздуха. Узел фильтрации состоит из четырех серийных фильтромодулей, соединенных в единую систему, и расположен на верхней части каркаса над промывочными ваннами, ванной сушки и столом выгрузки. Класс чистоты воздуха, подаваемого в рабочую зону установки, обеспечивается за счет его принудительной циркуляции через фильтр грубой очистки и НЕРА-фильтр. Ламинарный поток воздуха создается при прохождении его через ламинарную пленку, установленную в каждом фильтромодуле.

Установка промывки имеет защитное ограждение, которое обеспечивает безопасность работы установки, исключение попадания загрязнений и пыли в рабочую зону промывки детали. Каркас установки собран из алюминиевого профиля. Ванны, столешницы, столы загрузки и выгрузки,

filter, and is used for the preparation of detergent solutions. Water for the fourth bath also passes through a sterilizing filter.

The circulation-filtration systems of the baths are designed to maintain the filtration rating of solutions and water, as well as for economical use of water due to its repeated use. The main components of the circulation-filtration systems are circulating pumps; storage tanks; filters that provide necessary filtration rating; pipelines, manometers. The circulation-filtration system for the fourth bath also contains an additional filter, which provides finer purification, a mixed ion-exchanger and a UV lamp.

The temperature of the liquids in the washing baths can be set from 30 to 70 °C, so the filter housings, pumps and pipelines of the complex are made of heat-resistant plastic or stainless steel.

The air filtration assembly is designed to prevent contamination and dust from entering the final cleaning zone and creating a laminar flow of purified air. The filtration assembly consists of four serial filter modules, connected in a single system and disposed on the top of the frame above the rinsing baths, the drying bath and the unloading table. The purity class of air supplied to the working area of the unit is provided by its forced circulation through the coarse filter and HEPA



обшивка каркаса и другие детали, соприкасающиеся прямо или косвенно с моющими жидкостями, изготовлены из нержавеющей стали. Установка в верхней части по периметру наглухо закрыта щитами, в нижней части – съемными крышками, в средней части установлены раздвижные стекла для визуального наблюдения за работой автооператора. В установке имеются две раздвижные двери на позициях загрузки и выгрузки кассетоносителя.

Система управления комплекса и УЗ-генераторы смонтированы в электрошкафу. Система управления обеспечивает выполнение следующих функций:

- ввод, изменение и индикацию технологических параметров;
- наладочные перемещения по обеим осям перемещения автооператора;
- включение и выключение всех исполнительных органов;
- индикацию состояния датчиков;
- выполнение программы промывки деталей в автоматическом режиме;
- диагностику ошибок.

Система управления выполнена на основе универсального промышленного программируемого контроллера серии NJ, в котором сочетаются функции логического управления и управление движением. Разработанный автоматизированный комплекс промывки поставлен на оптическое производство ФГУП «НИИ НПО «Луч».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сиротюк М.Г. Акустическая кавитация.– М.: Наука, 2008.
2. ГОСТ 23136–93. Материалы Оптические. Параметры

filter. Laminar air flow is created when passing through a laminar film installed in each filter module.

The washing unit has a protective guard, which ensures the safety of the unit, preventing contamination and dust ingress from the working area of the part washing. The frame of the unit is assembled from an aluminum profile. The baths, countertops, loading and unloading tables, frame plating and other parts that come into contact directly or indirectly with detergent fluids are made of stainless steel. The unit is tightly closed with shields in the upper part along the perimeter, it has removable covers in the lower part, and there are sliding glasses for visual observation of the auto-operator functioning in the middle part. There are two sliding doors at the loading and unloading positions of the cartridge carrier of the unit.

The complex control system and the ultrasonic generators are mounted in the electrical cabinet. The control system provides for the following functions:

- input, change and display of technological parameters,
- movement adjustment on both axes of the auto-operator movement,
- switching on and off of all actuators,
- indication of the sensors status,
- execution of the program for washing parts in automatic mode,
- error diagnostics.

The control system is based on the universal industrial programmable controller of NJ series, which combines the functions of logic control and motion control. The developed automated washing complex is delivered for optical production of FSUE "RI SPA "Luch".

## INTERNATIONAL CONFERENCE ON ULTRAFAST OPTICAL SCIENCE, OCTOBER 03–05, 2017

Conference sections:

- Ultrafast high-field science
- Ultrafast phenomena in condensed matter and ionized gases
- Ultrafast laser nanofabrication and nanophotonics
- Femtosecond non-linear optics. Filamentation
- Femtosecond radiation in spectroscopy and optical frequency metrology

Welcome to UOS!

- Venue: Lebedev Physical Institute (LPI), Leninskiy prospect 53, Moscow, Russia
- Website: [ultrafastlight-2017.lebedev.ru](http://ultrafastlight-2017.lebedev.ru)
- Chair: Nikolay N. Kolachevsky (LPI), vice-chair: Andrey A. Ionin (LPI)

Vice-chair, professor Andrey A. Ionin,  
[ultrafastlight-2017.lebedev.ru](http://ultrafastlight-2017.lebedev.ru)

P.N. LEBEDEV PHYSICAL INSTITUTE OF  
THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

