

# СОЗДАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА МОДУЛЯ РЕВЕРСЕРОВ С СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЯЧЕЙКАМИ ПОККЕЛЬСА И СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЮСТИРОВКИ

*О. Я. Лисовский, М. Ю. Стрельцов*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

## Введение

В РФЯЦ-ВНИИЭФ создается лазерная установка [1], в которой для получения энергии используется четырехпроходная схема усиления лазерного импульса полной апертуры (подобные схемы используются в мировых аналогах [2]). Такая схема позволяет уменьшить длину лазера и оптимизировать конструкцию силового усилительного модуля установки. Схема структурная лазерного канала силового усилительного модуля представлена на рис. 1.

В лазерном канале используется принцип углового разведения пучков в разных проходах и устройство, называемое реверсер [3]. Реверсер – это оптическое устройство, предназначенное для возвращения лазерного излучения после второго прохода назад в главный усилитель. Реверсер включает в себя затвор оптический на базе ячейки Поккельса с плазменными электродами, который предотвращает развитие самовозбуждения в главном усилителе до прихода импульса лазерного излучения от системы формирования опорного излучения. Схема функциональная реверсера на базе ячейки Поккельса представлена на рис. 2.

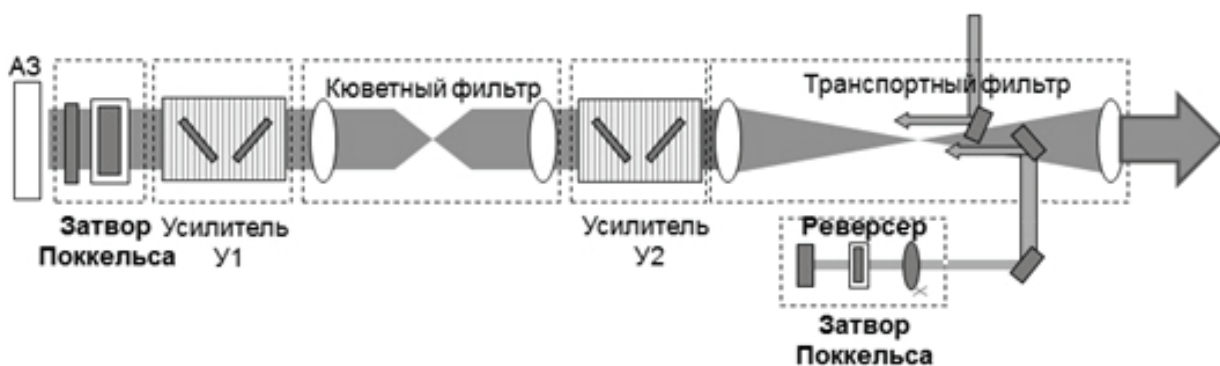


Рис. 1. Схема структурная лазерного канала силового усилительного модуля

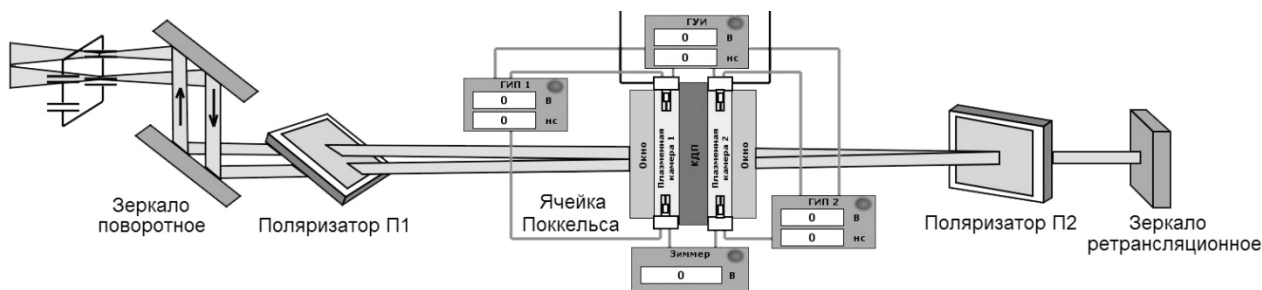


Рис. 2. Схема функциональная реверсера на базе ячейки Поккельса с плазменными электродами

## Описание образца

Модуль реверсеров состоит из двух блоков реверсеров, включает в себя 56 оптических элементов, обеспечивающих работу 8-ми каналов силового усилительного модуля. Общий вид блока реверсеров представлен на рис. 3. Габаритные размеры: длина – 19000 мм, ширина – 450 мм, высота – 2300 мм. Блок реверсеров включает в себя блок зеркал поворотных, блок линз, блок затворов оптических, которые связаны между собой системой световодов и образуют единый герметичный объем, заполняемый азотом под избыточным давлением.

Герметичные боксы блоков установлены на безлюфтовые регулируемые опоры и представляют собой силовые каркасы, сваренные из профильных труб, закрытые легкими съемными герметизирующими панелями. Внутри боксов располагаются регулируемые платформы с оптическими элементами. Световоды установлены на подставках и представляют собой трубы прямоугольного сечения (сварен-

ные из листа) со стыковочными фланцами. Также в системе имеются световоды, обеспечивающие гибкую развязку между блоками за счет применения резиновых компенсаторов.

В герметичных боксах блока зеркал поворотных и блока затворов оптических располагаются оправы зеркал поворотных и оправы зеркал ретрансляционных соответственно. Оправы являются исполнительными элементами системы автоматической юстировки (САЮ) и позволяют проводить дистанционную прецизионную юстировку зеркал относительно вертикальной и горизонтальной осей при помощи приводов с шаговыми двигателями. Оправы зеркала поворотного и зеркала ретрансляционного представлены на рис. 4.

В герметичном боксе блока затворов располагаются затворы *оптические*. Затвор включает в себя оправы поляризаторов, ячейку Поккельса, генератор управляющего импульса, которые являются исполнительными элементами системы автоматического управления ячейками Поккельса (САУ ЯП). Затвор оптический представлен на рис. 5.

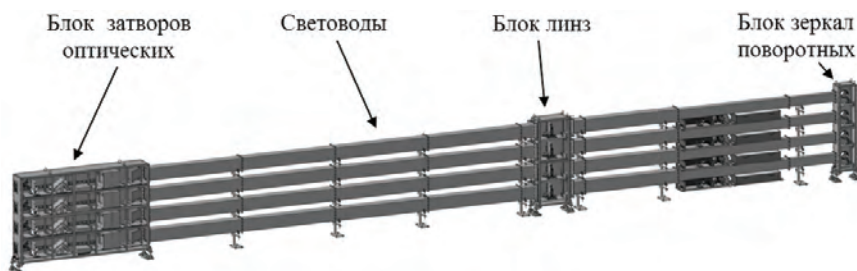


Рис. 3. Общий вид блока реверсеров



Рис. 4. Оправы: а – оправа зеркала поворотного, б – оправа зеркала ретрансляционного

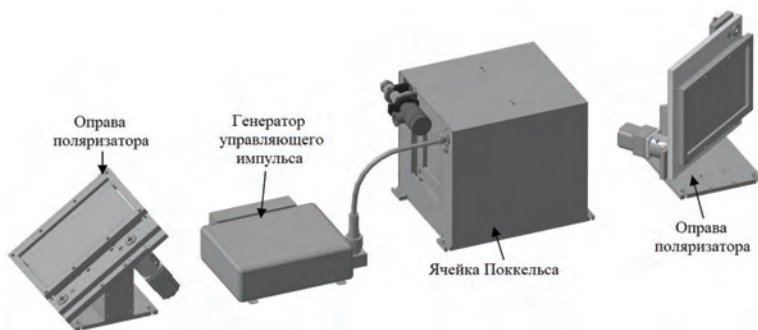


Рис. 5. Затвор оптический

Оптический узел ячейки Поккельса закреплен на трех шарнирных опорах, две из которых оснащены приводами с датчиками положения, что позволяет осуществлять автоматический переход в рабочее и юстировочное положения. Оправы поляризаторов так же оснащены приводами.

Ячейка Поккельса через коллектор и гибкие трубопроводы подключаются к системе вакуумирования и газообеспечения установки, при этом каждая ячейка снабжена отдельными ручным и электромагнитным клапанами.

В герметичном боксе блока линз располагаются оправы линз реверсера. Оправа позволяет плавно перемещать линзу реверсера по трем координатам и поворачивать относительно вертикальной и горизонтальной осей с высокой точностью (всего 5 степеней свободы). Оправа линзы реверсера представлена на рис. 6.

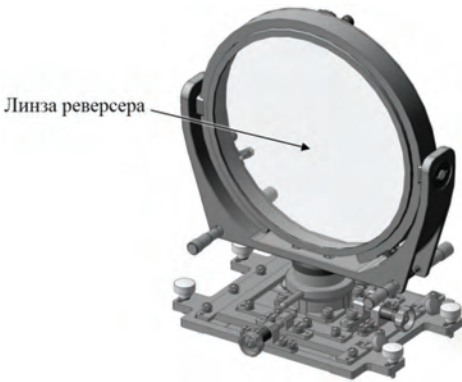


Рис. 6. Оправа линзы реверсера

На торцевой панели блока затворов оптических располагаются четыре панели разъемов, на которых установлены силовые, высокочастотные, оптические проходные герметичные разъемы для подключения элементов, управляемых дистанционно, к САЮ и САУ ЯП.

В целях отказа от дорогостоящих покупных оптических проходных разъемов была разработана конструкция герметичного проходника для оптических кабелей. Герметизация оптического кабеля осуществляется за счет применения герметизирующего компаунда. Проходник устанавливается на панель разъемов через уплотнительное кольцо. Общий вид панели разъемов представлен на рис. 7.

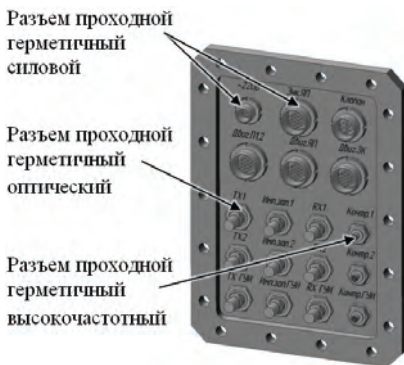


Рис. 7. Панель разъемов

При разработке изделия были проведены необходимые оценочные прочностные расчеты, подтверждающие работоспособность отдельных наиболее нагруженных узлов.

Герметизирующие панели испытывают значительные нагрузки, что связано с заполнением блоков реверсеров азотом с избыточным давлением. Наибольшую нагрузку испытывают панели блока затворов оптических (ввиду наибольших размеров). Для уменьшения прогиба панелей и нагрузки на крепежные элементы было принято решение об использовании разгрузочных кронштейнов, обеспечивающих одновременно дополнительное крепление панели на силовом каркасе и удобство монтажа. Данное решение позволило значительно сократить массу панелей по сравнению с вариантом использования более толстого листа или с вариантом введения ребер жесткости. Панель была рассчитана на прочность в программном модуле «APM Structure 3D» [4] с использованием поверхностно-стержневой модели. Распределение перемещений по результатам расчета представлено на рис. 8. Максимальный прогиб составил 3 мм, что является приемлемой величиной (для сравнения, прогиб панели той же толщины без разгрузочных кронштейнов составил 23 мм, что является неприемлемым). Так же по результатам расчета были получены значения сил, действующих на крепежные элементы и разгрузочные кронштейны. На основании чего был проведен прочностной расчет разгрузочного кронштейна в программном модуле «APM Studio» [4].

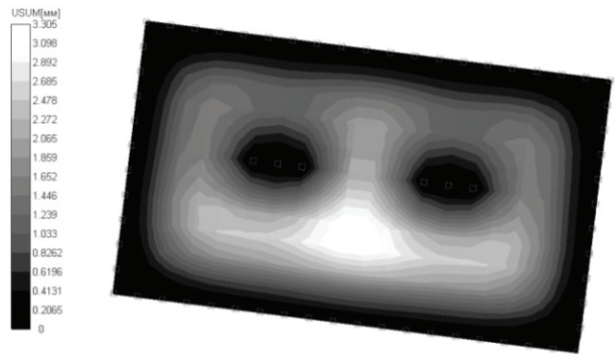


Рис. 8. Распределение перемещений по результатам расчета панели

Система световодов блока реверсеров располагается на подставках. Сварная часть подставки была рассчитана на прочность под суммарной нагрузкой от четырех световодов в программном модуле «APM Structure 3D» с использованием стержневой модели. По результатам расчета была подобрана конфигурация подставки, обеспечивающая достаточную прочность и жесткость при относительно небольшой металлоемкости с учетом конструктивных и технологических требований. Распределение перемещений и напряжений по результатам расчета подставки представлены на рис. 9.

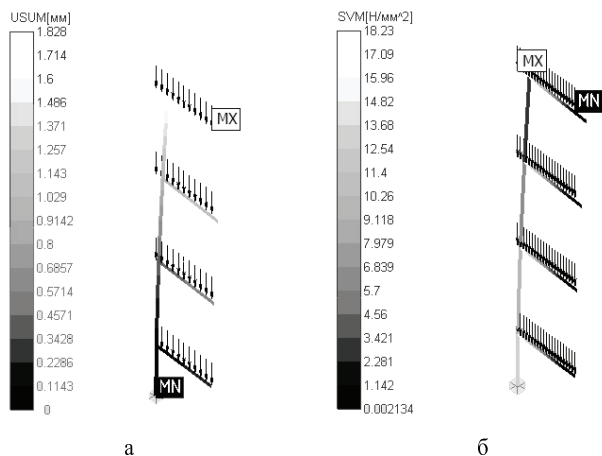


Рис. 9. Расчет подставки: а – распределение перемещений, б – распределение напряжений.

### Выводы

При создании модуля реверсеров авторами поэтапно были решены следующие задачи: разработана схема деления изделия на составные части, компоновки составных частей, трехмерные модели в системе «Компас-3D», проведены необходимые оценочные

прочностные расчеты наиболее нагруженных узлов с использованием программных модулей «APM Studio» и «APM Structure 3D» и последующая оптимизация элементов конструкции.

### Литература

1. Гаранин С. Г., Бельков С. А., Бондаренко С. В. Концепция построения лазерной установки нового поколения // Сборник докладов XXXIX Международной конференции по физике плазмы и УТС. Москва, 2012. С 17.
2. Stolz C. J. The National Ignition Facility: The world's largest optical system // Optical Design and Testing III, Proc. of SPIE Vol. 6834–683402. P. 2–9.
3. Гаранин С. Г., Зарецкий А. И., Ильяев Р. И. и др. Канал мощной установки «Луч» для ЛТС с энергией импульса 3,3 кДж и длительностью 4 нс // Квантовая электроника. 2005. Т. 35, №4. С. 299–301.
4. Шелофаст В. В., Замрий А. А., Розинский С. М., Шанин Д. В., Алехин А. В. 3 44 Практический учебный курс. CAD/CAE система APM WinMachine. Учебно-методическое пособие. М: Изд-во АПМ. 2013.