

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ИЛФИ)

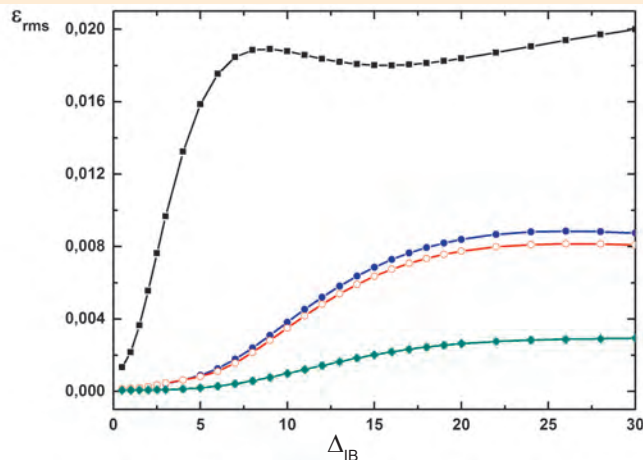
СИММЕТРИЧНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ ЛАЗЕРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ПРЯМОГО ОБЛУЧЕНИЯ МИШЕНИ

Актуальной задачей в области инерциального термоядерного синтеза является обеспечение однородного воздействия интенсивного излучения на термоядерную капсулу для достижения глубокого сжатия и последующего зажигания термоядерного топлива.

Предложен метод достижения высокой однородности лазерного облучения сферической мишени, базирующийся на использовании свойств симметрии. Условия симметрии приводят к редукции спектра сферических гармоник (мод) в распределении интенсивности излучения на поверхности капсулы.

Прогресс в этом направлении достигается с помощью численной оптимизации симметричных конфигураций лазерных источников. Задача решается в два этапа. На первом этапе устанавливается вид сферических гармоник, удовлетворяющих группе симметрий вращения правильного многогранника. Для этого создан метод нахождения вида симметричных мод с помощью численного решения линейных систем совместности для матриц преобразования, описывающих повороты правильного многогранника. Нахождение симметричных мод позволяет математически сформулировать задачу их дальнейшей редукции как задачу минимизации квадратичной по этим формам невязки.

Многочисленная минимизация была успешно осуществлена для симметрии тетраэдра и куба-октаэдра.



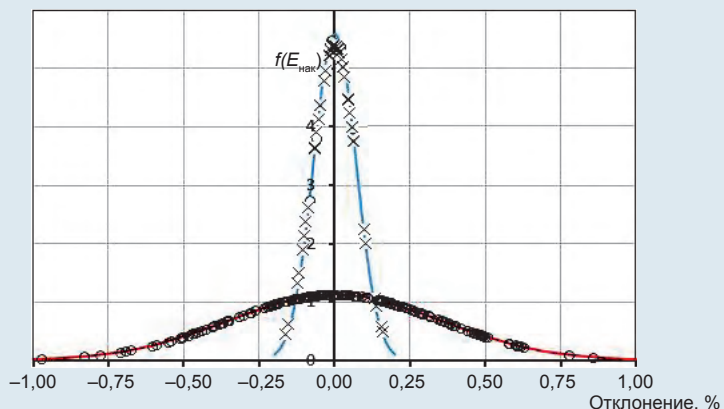
Среднеквадратичная неоднородность лазерной освещенности капсулы для конфигураций из 24 (■), 48 (●, ◐) и 72 (◆) источников в симметрии куба-октаэдра

Был найден новый класс симметричных систем лазерного облучения с повышенными характеристиками однородности освещенности термоядерной капсулы.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И КАЧЕСТВА ПУЧКА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЫХОДЕ СИЛОВОГО УСИЛИТЕЛЯ УСТАНОВКИ «ЛУЧ»

По результатам исследования работы штатной систе-

мы электропитания установки «Луч» проведена ее модернизация: доработаны платы сопряжения модулей конденсаторной батареи с зарядными устройствами, заменены делители обратной связи в зарядных устройствах и внесены изменения в алгоритм работы автоматизированной программы управления зарядом. Это снизило нестабильность электрической энергии, запасаемой в модулях конденсаторной батареи к моменту разряда на лампы накачки по случайной ошибке, в 5 раз. Суммарно

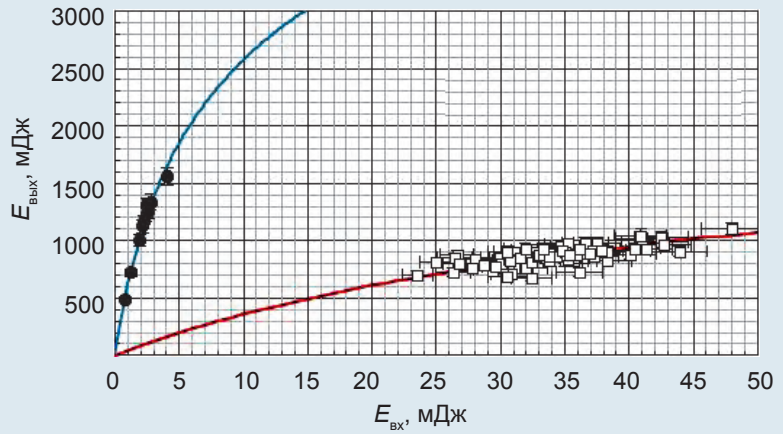


Распределения весовых функций плотности вероятности для энергии на накопителе $E_{нак}$ в экспериментах до (—) и после (—) модернизации системы электропитания:
○ — $U = 20$ кВ, × — $U = 19$ кВ

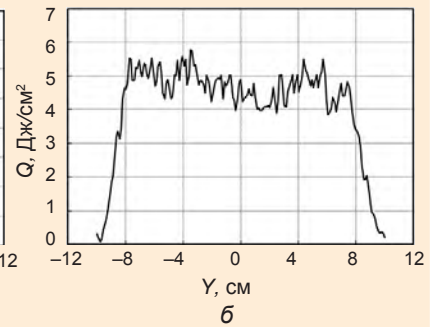
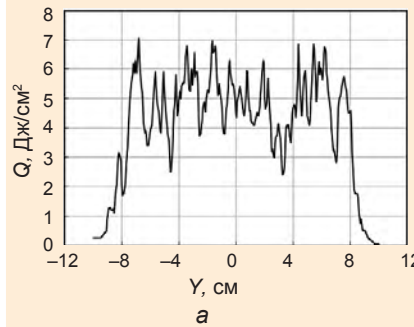
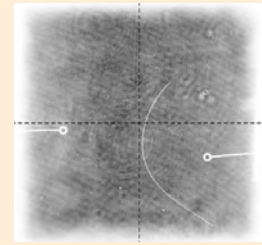
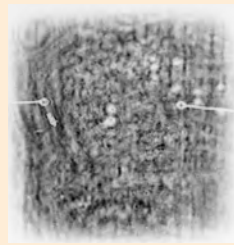
с учетом систематической ошибки нестабильность снижена в 7–8 раз. В результате в экспериментах зарегистрировано снижение разброса энергии лазерного излучения на выходе силового усилителя в 3 раза – с $\geq \pm 15\%$ до $\leq \pm 5\%$.

Проведено переоснащение лазерных усилителей на базе новых дисковых активных элементов (ДАЭ), изготовленных по усовершенствованным техническим требованиям. В частности, увеличена длительность затухания люминесценции с 300 до ≈ 320 мкс, снижен показатель ослабления на рабочей длине волны с $1,0 \cdot 10^{-3}$ до $\approx 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$. В качестве материала активной части выбрано стекло, обладающее более высоким значением сечения усиления ($3,8 \cdot 10^{-20} \text{ см}^2$), чем у ранее используемого ($3,6 \cdot 10^{-20} \text{ см}^2$). Линейный коэффициент усиления повышен на $\approx 10\%$, пассивные потери излучения по тракту снижены на $\approx 30\%$. В результате коэффициент усиления энергии излучения за два прохода возрос с ≈ 300 до 1200. Также в экспериментах на порядок была снижена требуемая энергия входного сигнала.

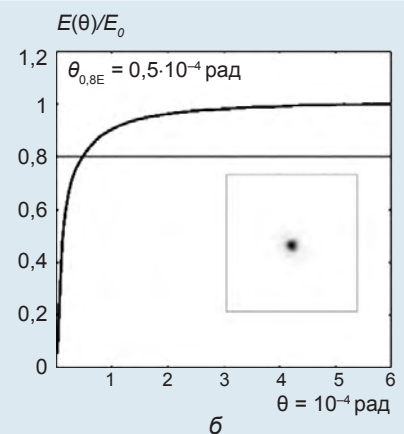
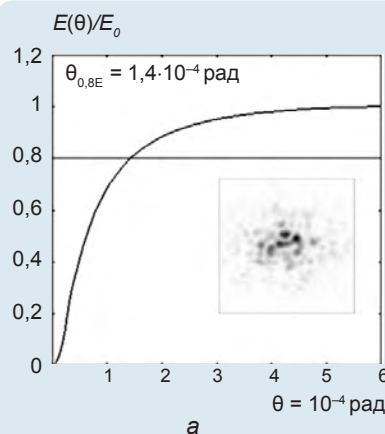
Выполнение более строгих требований к качеству финишной обработки рабочих поверхностей активных элементов позволило улучшить пространственное качество пучка излучения на выходе силового усилителя. В ближней зоне излучения отмечается трехкратное улучшение по параметрам PV (с ≈ 100 до 35 %) и RMS (с ≈ 30 до 12 %). В дальней зоне излучения зарегистрировано симметричное пятно с четким центральным керном, расходимость излучения снижена с $\theta_{0,8E} \approx 1,4 \cdot 10^{-4}$ до $0,5 \cdot 10^{-4}$ рад.



Энергия излучения на выходе лазерного канала до (□) и после (●) модернизации элементов канала и системы электропитания (точки – эксперимент, линии – расчет)



Изображение ближней зоны излучения до (а) и после (б) оснащения новыми ДАЭ



Изображение дальней зоны излучения и угловое распределение энергии в пучке до (а) и после (б) оснащения новыми ДАЭ