к вопросу О возможности термоядерного зажигания мишеней прямого облучения на мегаджоульных установках с длиной волны лазерного излучения 0.35 мкм и 0.53 мкм [[1]](#footnote-1)\*)

Бакуркина Е.С., Борецких Д.В., Дембовский Д.В., Карлыханов Н.Г., Лыков В.А., Рыкованов Г.Н., Соколов Л.В., Черняков В.Е., Шушлебин А.Н.

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина», Снежинск, Россия, [v.a.lykov@vniitf.ru](mailto:v.a.lykov@vniitf.ru)

В экспериментах с мишенями непрямого облучения на установке NIF получен выход термоядерной энергии EТЯ≈ 1.37 МДж при энергии лазера EL≈ 1.92 МДж [1]. Возможность термоядерного зажигания мишеней прямого облучения еще предстоит выяснить. Основными проблемами при этом подходе являются развитие гидродинамических неустойчивостей и прогрев мишени быстрыми электронами (БЭ), возникающими в процессах двухплазмонного распада (ДПР) и вынужденного Рамановского рассеяния (ВРР) лазерного излучения (ЛИ) [2]. В докладе представлены результаты расчетов мишеней прямого облучения, проведенных в РФЯЦ-ВНИИТФ с целью изучения возможности достижения их термоядерного зажигания на мегаджоульных установках с длиной волны лазерного излучения λ=0.35 мкм и λ=0.53 мкм.

Расчеты однокаскадных мишеней прямого облучения, выполненные недавно по одномерной программе ЭРА с учетом переноса быстрых электронов в спектральном кинетическом приближении, подтвердили основной вывод работы [3], что генерация БЭ в процессах ДПР и ВРР будет препятствовать достижению термоядерного зажигания таких мишеней на установках с излучением во 2-ой гармонике Nd-лазера. При использовании ЛИ с λ=0.35 мкм, по-видимому, можно будет подавить генерацию БЭ, если использовать для мишени абляторы типа SiO2. В однокаскадных мишенях прямого облучения велика опасность гидродинамического развития коротковолновых возмущений, инициированных процессами филаментации ЛИ в плазме. Так двумерные расчеты однокаскадной мишени дали снижение выхода термоядерной энергии в ~ 3 раза при амплитуде 60-ой гармоники возмущения в симметрии поглощенной мишенью энергии ЛИ на уровне δqa/qa~ 0.1%.

В РФЯЦ-ВНИИТФ выполнены расчеты двухкаскадной мишени прямого облучения, предложенной в работе [4]. Для такой мишени ослабевают требования к длине волны ЛИ и амплитуде коротковолновых возмущений в симметрии поглощенной мишенью лазерной энергии. Наиболее опасными для мишени [4] являются возмущения в однородности поглощенной энергии ЛИ с номерами гармоник *l*~ 10-20, амплитуда которых не должна превышать δqa/qa≈ 0.5-1%. Для двухкаскадных мишеней существует проблема перемешивания DT-топлива и материала внутренней оболочки. Одномерные расчеты, выполненные для мишени [4] без учета генерации БЭ, дали выход нейтронов NDT ≈ 1.8∙1018 и запас по термоядерному зажиганию [3] WQ ≈ 6. Учет перемешивания по *kε*–модели с константами, отвечающими автомодельной «постоянной» *α*b ≈ 0.04, привел к снижению величин WQ и NDT  в 2-3 раза. Однако остается открытым вопрос о применимости эмпирических моделей турбулентного перемешивания для моделирования мишеней ИТС, поскольку числа Рейнольдса в этом случае не велики. Будущие эксперименты с двухкаскадными мишенями помогут дать ответ на этот вопрос.

Литература

1. Kritcher A.L., Zylstra A.B., Callahan D.A., et al., Phys. Rev. E (2022) 106, 025201
2. Craxton R.S., Anderson K.S., Boehly T.R., et al., Phys.Plasmas (2015) 22, 110501
3. Бакуркина Е.С., Карлыханов Н.Г., Лыков В.А., Рыкованов Г.Н., Химич И.А., Черняков В.Е., Ядерная физика и инжиниринг (2019) 10 (3), 271–284
4. Hu S.X., Epstein R., Theobald W., et al., Phys. Rev. E (2019) 100, 063204

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/L/It/en/DA-Lykov_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)