

ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПО УПРАВЛЯЕМОМУ ТЕРМОЯДЕРНОМУ СИНТЕЗУ

А. В. Аникеев¹, И. В. Ильгисонис²

¹Частное учреждение «Наука и инновации», Москва, Россия

²Госкорпорация «Росатом», Москва, Россия

Управляемый термоядерный синтез (УТС) – это контролируемое протекание термоядерных реакций, при котором должны происходить отбор и дальнейшее использование выделяющейся энергии, а в случае некоторых случаях и продуктов реакций. В основе УТС лежит процесс ядерного синтеза – слияния ядер, сблизившихся на расстояние действия ядерных сил, с образованием более тяжелых ядер. Для легких ядер (легче железа) ядерный синтез может быть энергетически выгодным, что открывает перспективы УТС для энергетики будущего, делая основной задачей УТС создание термоядерного реактора.

Физическую основу УТС составляют термоядерные реакции, имеющие наибольшее сечение, в первую очередь дейтерий-тритиевая (DT) реакция: $D + T \rightarrow {}^4\text{He} + n + 17,6 \text{ МэВ}$. Она эффективно протекает в плазме с температурой ≥ 100 млн К, удовлетворяющей критерию Лоусона [1]. В настоящее время предполагается, что УТС на базе этой термоядерной реакции может быть осуществлен в установках токамак уже к середине этого столетия. Повышение температуры удерживаемой термоядерной плазмы до значений ≥ 700 млн К позволит реализовать УТС на основе DD-реакции: $D + D \rightarrow T + p + 4,03 \text{ МэВ}$ или $D + D \rightarrow {}^3\text{He} + n + 3,27 \text{ МэВ}$ (обе ветви DD-реакции происходят с одинаковой вероятностью), для которой имеются практически неисчерпаемые ресурсы дешевого горючего. Еще более высокие температуры необходимы для экологически привлекательных безнейтронных реакций $D + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + p + 18,3 \text{ МэВ}$ и $p + {}^{11}\text{B} \rightarrow {}^3\text{He} + 8,7 \text{ МэВ}$, что сильно осложняет их реализацию.

Основные достоинства УТС для энергетики будущего состоят в отсутствии ограничений по топливу, в значительно большей (по сравнению с ядерной энергетикой) радиационной и экологической безопасности, а также безопасности относительно угроз терроризма и аварий.

Амбициозность и сложность задачи реализации УТС, большой масштаб и высокая стоимость экспериментальных установок являются мощным стимулом для широкого международного сотрудничества в этой области. Примером такого сотрудничества для магнитного УТС стал токамак ITER, сооружаемый во Франции консорциумом из 7 стран-участниц [2]. Этот токамак должен продемонстрировать длительное горение DT-плазмы с термоядерным тепловыделением мощностью 0,4–0,5 ГВт, почти на порядок превышающим энергетические затраты. В соответствии с Соглашением по ITER, все страны-участницы имеют право на получение безвозмездных лицензий на все технологии и разработки, созданные в рамках проекта, для внедрения в рамках внутренних (национальных) программ УТС. Это обстоятельство существенным образом влияет на ускоренное развитие национальных программ УТС в странах участницах.

В докладе будет представлен краткий обзор отечественной программы по УТС в части задач, результатов и перспектив ее реализации в рамках федеральных проектов УЗ «Разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий» (комплексная программа РТТН 2021-2024 гг) [3, 4] и РЗ «Технологии термоядерной энергетики» (национальный проект технологического лидерства «Новые атомные и энергетические технологии» на 2025–2030 гг и перспективу до 2036 года) [5].

Литература

1. **Lawson, J. D.** Some Criteria for a Power Producing Thermonuclear Reactor [Text] // Proceedings of the Physical Society. Section B – 1957. – Vol. 70, No. 1.
2. Официальный сайт проекта ITER // <https://www.iter.org/>.
3. Указ Президента РФ «О развитии техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации» от 16 апреля 2020 г. № 270.
4. Указ Президента РФ «О продлении срока действия комплексной программы «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации на период до 2024 года»» от 14 апреля 2022 г. № 202.

5. Национальный проект «Новые атомные и энергетические технологии» на официальном сайте
Правительства Российской Федерации // <http://government.ru/rugovclassifier/929/about/>.
