СНИЖЕНИЕ НЕСТАБИЛЬНОСТИ РАБОТЫ ГИБРИДНОГО ДВС ПРИ РЕСТАРТЕ ЗА СЧЕТ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Евфратов Данияр Жанатович[1], Булатов Нуржан Кажмуратович[2]
[1] докторант 2 курса, [2] к.т.н., ассоциированный профессор
[1] КАТИУ им. С. Сейфуллина, г. Астана, [2] Кокшетауский университет им. А. Мырзахметова, г. Кокшетау

В гибридных силовых установках двигатель внутреннего сгорания работает в условиях частых остановок и повторных запусков. В этих режимах значительная часть времени приходится на переходные процессы, при которых параметры рабочего цикла не успевают стабилизироваться. Это проявляется в нестабильной работе двигателя в первые секунды после рестарта [1,2].

После остановки происходит частичное охлаждение элементов цилиндра. В момент запуска условия смесеобразования и воспламенения отличаются от установившихся, что напрямую влияет на устойчивость работы двигателя [1,3].

Рассматривались переходные процессы при рестарте гибридного ДВС. Анализ основан на обобщении современных решений в области управления, а также наблюдениях при работе на моторном стенде [2,3].

Нестабильность оценивалась по косвенным признакам: характер запуска, равномерность работы в первые секунды и отклонения параметров рабочего процесса.

В момент рестарта двигатель работает в условиях неполной тепловой стабилизации. Это вызывает отклонения в смесеобразовании и задержку выхода на устойчивый режим [2,3]. В ходе работы на моторном стенде наблюдались колебания частоты вращения двигателя при повторных запусках после кратковременной остановки. Наиболее выраженная нестабильность фиксировалась в первые циклы после рестарта, что подтверждает влияние переходных процессов. Оценка проводилась по изменению частоты вращения коленчатого вала в первые секунды после запуска.

Таблица 1 – Влияние факторов переходного режима на нестабильность работы гибридного ДВС при рестарте

Фактор	**Проявление при рестарте**	**Влияние на работу двигателя**
Пониженная температура стенок цилиндра	Ухудшение испарения топлива	Нестабильное сгорание в первых циклах
Наличие топливной пленки	Локальное переобогащение смеси	Колебания частоты вращения

Остаточные газы	Изменение состава рабочей смеси	Задержка воспламенения
Параметры впрыска	Отклонение от оптимального режима	Неравномерная работа двигателя
Фазы газораспределения	Изменение газообмена	Нестабильность переходного процесса

Снижение нестабильности возможно за счет согласованного управления параметрами рабочего процесса.

Таблица 2 – Влияние параметров управления на снижение нестабильности работы гибридного ДВС при рестарте

Параметр управления	**Изменение процесса**	**Результат**
Коррекция впрыска	Стабилизация состава смеси	Уменьшение колебаний работы
Адаптация фаз впуска	Регулирование остаточных газов	Более плавный запуск
Сдвиг фаз выпуска	Ускорение выхода на рабочий режим	Снижение нестабильности
Комплексное управление	Согласование параметров	Устойчивая работа в первые секунды

Нестабильность работы гибридного ДВС при рестарте связана с переходными режимами и неполной тепловой стабилизацией. Это приводит к отклонениям в смесеобразовании и сгорании в начальный период после запуска. Снижение нестабильности достигается при согласованном управлении фазами газораспределения, впрыском и параметрами переходного процесса с учетом текущего состояния двигателя. Практически это означает, что управление рестартом не должно ограничиваться только подачей топлива. Более устойчивый результат может быть получен при согласовании впрыска, фаз газораспределения и режима выхода двигателя на холостой ход. Такой подход позволяет уменьшить резкие отклонения в первые секунды после запуска и снизить нагрузку на элементы двигателя.

Литература

1. Su Y., Hu M., Huang J. Experimental and characteristic analysis during the engine start-up process for a hybrid electric vehicle // Applied Sciences. – 2021.
2. Jiang Y. et al. Impacts of cold starts and hybrid electric vehicles on vehicle emissions // Transportation Research Part D. – 2023.
3. Wu X. et al. Impacts on real-world cold start emissions: fuel injection and operating conditions // Environmental Science. – 2023.