Французский опыт перевозки отработавшего топлива

Б. Линейл

Перевозка облученного топлива представляет собой ту разновидность промышленной деятельности, которая имеет во Франции уже другую историю. Действительно, в 1966 г. была осуществлена первая перевозка облученного топлива первых атомных электростанций Министерства электростанций Франции (EDF, с графитовыми газовыми реакторами) из Шинона в Ла Хагуа.

Менее 10 лет спустя, в 1973 г. начались перевозки топлива с легководных реакторов. В то время перевозимый в Ла Хагуа материал представлял собой облученное топливо с атомных электростанций Бельгии, ФРГ, Швейцарии и с франко-бельгийской станции в Чузе.

Накоплен значительный опыт перевозок топлива с реакторов обоих типов. Всего перевезено около 10 000 т облученного урана на два перерабатывающих завода в Ла Хагуа (в северо-западной части Франции) и в Маркуле (на юго-востоке). Сюда было переправлено также топливо быстрых реакторов Рапсодия и Феникс, но количество перевозок с этих реакторов, естественно, было относительно невелико.

Фирма COGEMA, работая в этой области, всегда получала активную помощь со стороны различных групп, специализирующихся на перевозках различного типа и/или ответственных за конкретные географические регионы.

Количество перевозок облученного топлива

Опыт, накопленный фирмой COGEMA по перевозке облученного топлива в Ла Хагуа и Маркуль, можно сопоставить только с опытом перевозки топлива на завод в Селлафильде, Великобритания.

Г-н Линейл – руководитель технической и коммерческой службы Отдела переработки фирмы Compagnie Generale des Matières Nucléaires (COGEMA) во Франции.

Газовые графитовые реакторы на естественном уране

С 1966 г. естественное урановое топливо газовых графитовых реакторов EDF, а также топливо, облученное в испанском реакторе Ванделлос, эксплуатируемом фирмой Хифренса, перевозилось полностью в Ла Хагуа. Однако в последние годы часть топлива направляется в Маркуль, чтобы разгрузить завод в Ла Хагуа и высвободить больше мощностей для переработки топлива водяных реакторов. Возможно с 1986 г. все топливо газовых графитовых реакторов будет направляться в Маркуль.

Объем данной деятельности в настоящее время выражается примерно 100 упаковками или перевозкой 500–600 т урана в год. Предполагается, что объем увеличится в последующие 10–15 лет.

По состоянию на 1 января 1985 г. суммарное количество перевезенного топлива достигло величины 6865 т. Распределение перевозок по годам представлено в таблице.

Легководные реакторы с обогащенным ураном

Перевозки окисного топлива в Ла Хагуа начались в 1973 г. и до 1981 г. их объем был незначительным (около 100 т в год), а в 1981 г. их объем увеличился в три раза по сравнению с предыдущим годом. С этого времени рост перевозок продолжается, и ожидается, что в течение следующего десятилетия поток перевозок стабилизируется на уровне 1200–1500 т в год или около 250 перевозок ежегодно.

Общий объем перевозок по состоянию на 1 января 1985 г., как указано в таблице, составил 3370 т.

Быстрые реакторы

Хотя разработка быстрых реакторов во Франции достигла сравнительно высокого уровня, до сих пор их доля в перевозке топлива была незначительной. До настоящего времени COGEMA перевезла 12 т урана и плутония.

Годовые перевозки облученного топлива во Франции

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Ла Хагуа	53	150	166	235	197	101	291	430	555	532
Маркуль	–	–	–	–	–	–	–	–	–	52

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Всего
Ла Хагуа	326	333	388	238	160	185	111	144	81	4676
Маркуль	174	62	201	308	365	222	190	199	416	2189

Топливо легководных реакторов, направленное в Ла Хагуа, т

1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Всего
9	25	95	53	106	94	121	140	441	665	810	811	3370

На это существуют три причины. Во-первых, реакторов мало. Всего два реактора направляют топливо на переработку: реактор Рапсодия, эксплуатируемый около 10 лет в Кадараше, и Феникс – первая демонстрационная станция мощностью 250 МВт (эл), расположенная в Маркуле. Во-вторых, в быстрых реакторах топливо эксплуатируется до очень больших глубин выгорания по сравнению с другими типами реакторов, а количество направляемого на перевозку топлива обратно пропорционально степени его облучения. В-третьих, только часть топлива станции Феникс должна перевозиться по общим дорогам из Маркуля в Ла Хагуа, а остальная часть должна перерабатываться в самом Маркуле.

Транспортные упаковки – аспекты регламентирования

Французские правила по перевозке радиоактивных веществ основаны на рекомендациях, разработанных МАГАТЭ. Они регулярно обновляются после каждого пересмотра рекомендаций МАГАТЭ.

Национальные правила, как и рекомендации Агентства, устанавливают, что безопасность должна определяться самими упаковками, а не выполнением общих или специальных процедур в процессе перевозки.

Правила основываются на том принципе, что степень безопасности, обеспечиваемая упаковкой, должна соответствовать потенциальному риску вещества, содержащегося и перевозимого в упаковке.

Упаковки для перевозки облученного топлива, представляющего наибольший риск, должны отвечать самым строгим критериям. Естественно, что эти упаковки должны выдерживать как нормальные эксплуатационные условия, так и ожидаемые при авариях условия, выполняя при этом свои функции по защите от излучения и удержанию содержимого. Они также должны выдерживать без серьезных повреждений такие тяжелые аварии, как свободное падение с высоты 9 м на жесткую бетонную мишень и пребывание в течение 1,5 ч в среде горящих углеводородов при температуре 800 °C.

Как показали различные эксперименты, такие испытания являются чрезвычайно суровыми и, конечно, более тяжелыми, чем те, с которыми вероятнее всего может встретиться любая упаковка при реальной эксплуатации.

Более того, испытания, проведенные на применяемых упаковках, показали, что они более стойки, чем требуется правилами. Действительно, аварии, имевшие место при перевозке отработавшего топлива во Франции или где-либо еще, ни разу не привели к нарушению герметичности упаковок.

Требования фирмы COGEMA. Указанные в правилах критерии учитывали в большей степени возможность риска для населения и окружающей среды, чем для находящихся рядом рабочих. Вскоре опыт COGEMA показал, что, если не принять меры предосторожности, то суммарная доза облучения персонала, занятого на загрузочных и разгрузочных операциях, будет значительной.

Эта проблема беспокоила COGEMA прежде всего потому, что на перерабатывающем заводе, в отличие от АЭС, разгрузка упаковок является почти ежедневной операцией (на Ла Хагуа 250 упаковок в год). По этой причине COGEMA установила следующие критерии.

- *Критерии стандартной упаковки.* Сюда входят объем, габариты, положение цапф и люков, состояние поверхности и т.п., что не позволяет использовать никакую упаковку, кроме разрешенной к применению по стандартным процедурам и автоматическими методами.
- *Полезный перевозимый груз.* Он должен быть, по-возможности, наибольшим для уменьшения количества перевозок, снижения суммарной дозы, получаемой производящим разгрузку персоналом, и удешевления перевозки.
- *Концепция сухой перевозки.* Это означает перевозку после полного дренирования воды из внутреннего объема упаковки. COGEMA всегда была обеспокоена тем, что, несмотря на заложенную проектом стойкость упаковки к аварийным условиям, может произойти какая-нибудь авария за время службы упаковки (из-за нарушения процедур обращения с ней или стечения неблагоприятных обстоятельств), при которой произойдет утечка радиоактивной жидкости на транспортную линию.

Выполнение двух последних требований (большая вместимость контейнера, сухая перевозка) ведет к поискам непростых технологических решений из-за выделяющегося из топлива тепла и необходимости предотвращения перегрева. Однако с учетом всех обстоятельств COGEMA надеется, что выбор правилен.

Упаковки для топлива газовых графитовых реакторов на естественном уране

Все упаковки, используемые фирмой COGEMA для перевозки естественного уранового топлива, имеют форму куба с ребром 2,3 м, весящего от 50 до 55 т в загруженном состоянии. Защита состоит из слоя свинца между двумя оболочками из нержавеющей стали (внутренней и внешней).

Вместимость этих упаковок меняется в больших пределах в зависимости от внутреннего устройства – от 2,2 до 5 т урана. 2,2 т – в случае перевозки в контейнере топлива вместе с графитовой втулкой, и 5 т – когда топливо перевозится без втулки в корзине.

Основные характеристики конкретных стандартных упаковок

Тип упаковки	Загрузка (т урана)	Вместимость (число топливных сборок)	
		BWR	PWR
TN 17/2	72	17	6
TN 12/2 и LK 100	102/105	32	12
TN 13/2	110	–	11 или 12

TN – Transnucléaire
LK – Lemer
BWR – кипящий водяной реактор
PWR – реактор с водой под давлением

Упаковка для топлива легководных реакторов

Десять лет назад, еще до введения фирмой COGEMA указанных выше стандартов, эти перевозки осуществлялись в упаковках, сильно различающихся по типу и размеру. Некоторые из них были сухими, другие нет, одни были пригодны для перевозки автомобильным транспортом, а другие нет.

Введение стандартов уменьшило число допустимых для применения типов упаковок до трех. Они обладают большой вместимостью, перевозятся железнодорожным или морским транспортом и способны удовлетворить всем возможным требованиям (для атомных электростанций с реакторами с водой под давлением или с кипящими реакторами вне зависимости от электрической мощности станции). Однако они не могут перевозиться автомобильным транспортом, за исключением только перевозок на небольшие расстояния.

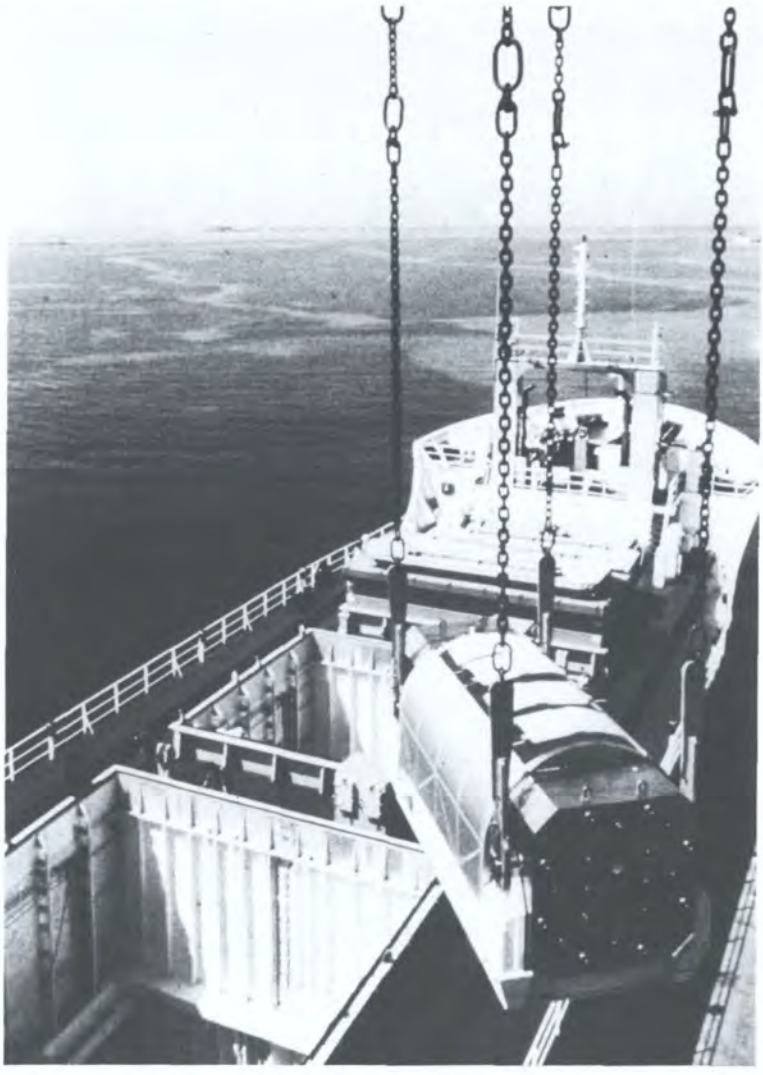
Конструктивно упаковка имеет толстую стальную стенку, плакированную внутри нержавеющей сталью и несущую на внешней поверхности различные системы отвода тепла. В настоящее время эксплуатируются 70 таких стандартных упаковок.

Виды транспорта

Как отмечалось выше, выбор способа перевозки не диктуется соображениями безопасности, так как предполагается, что безопасность определяется исключительно конструкцией упаковки. Выбор способа перевозки непосредственно вытекает из эксплуатационных требований. Очевидно, что в случае наиболее тяжелых упаковок предпочтение отдается железнодорожному или морскому транспорту. Автомобильному транспорту оставлены начальный и конечный этапы перевозки, т.е. между железнодорожным узлом и установкой (реактором или перерабатывающим заводом), если установка непосредственно не связана с железнодорожной сетью.

Суда и железнодорожные вагоны, применяемые для перевозки топлива, снабжаются специальным оборудованием с определенными характеристиками. Например, железнодорожный вагон в загруженном состоянии имеет вес около 150 т, что является самым большим весом железнодорожного вагона, транспортируемого обычным образом без специаль-

Промышленный центр Маркуль (Предоставлено: COGEMA)



Облученное топливо, содержащееся внутри кованого стального контейнера, называемого упаковкой типа TN-12, загружается в специально оборудованный для безопасной морской перевозки трюм.
(Предоставлено: Transnucléaire)

ного ограничения скорости. Такой замечательный результат достигнут за счет особого проектного решения: упаковка весом 100–110 т закреплена на низкой раме, соединяющей две сдвоенные тележки.

Суда также имеют необычные характеристики. Например, пять судов, плавающих с топливом между Японией и Европой, специально оборудованы для перевозки таких упаковок (15–20 штук на каждом судне), в их конструкцию заложены специальные решения для обеспечения хорошей остойчивости на море и большой плавучести (путем деления на отсеки). Они также снабжаются специальным защитным, вентиляционным и контролирующим оборудованием, что обеспечивает безопасность на судне, а также новейшим навигационным оборудованием.