



FACULTY OF MECHANICAL
ENGINEERING
UNIVERSITY
OF WEST BOHEMIA

Корпуса реакторов производства ŠKODA *история и будущее (?)*

Ян Здебор, к.т.н.

*Член Инженерной академии Чешской Республики
Заместитель декана машиностроительного факультета
Технический советник генерального директора ŠKODA JS*

**Проект „Развитие международного
сотрудничества с украинскими ВУЗами
в областях качества, энергетики и транспорта“
г. Харьков, 11/2018**



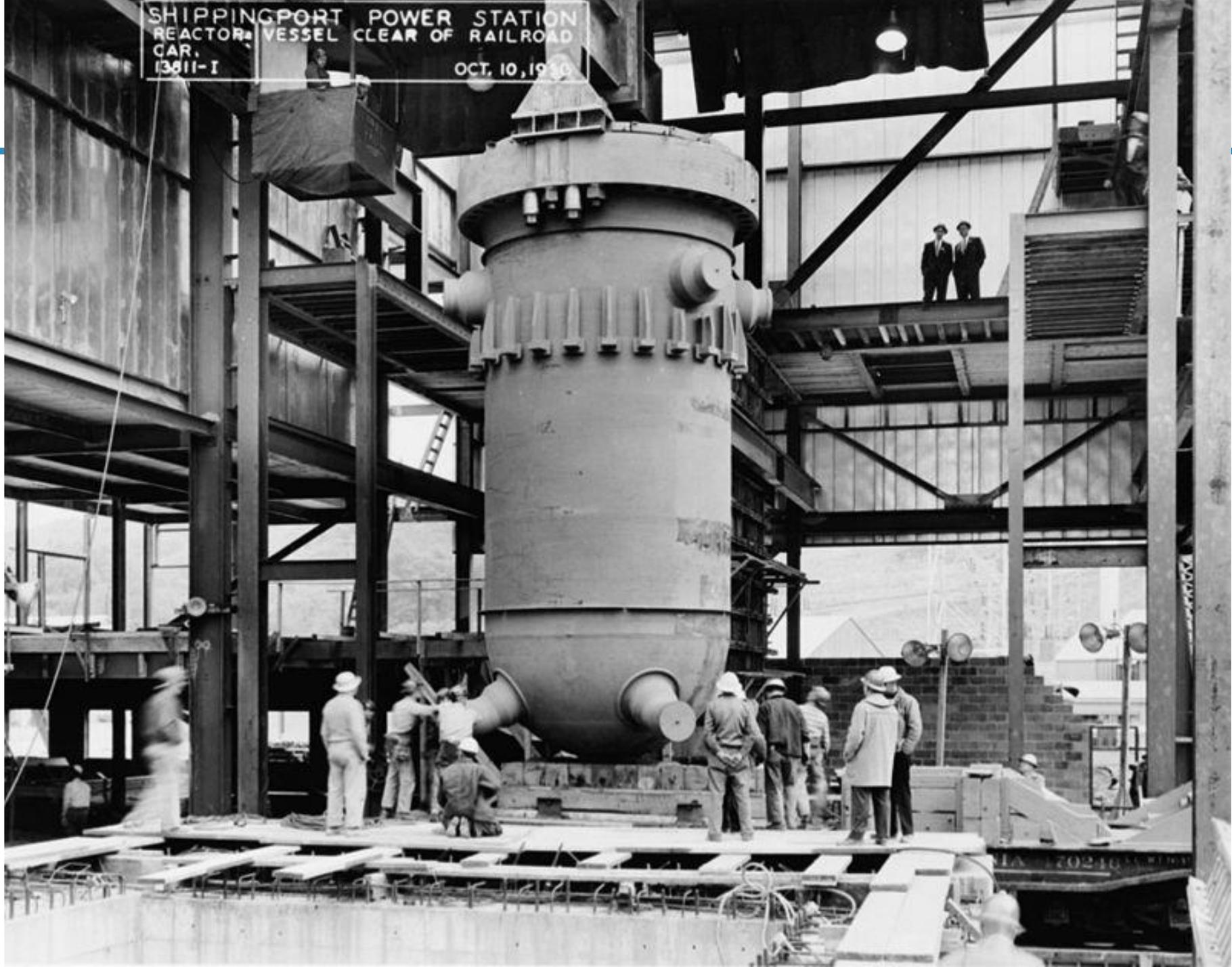
История

- 1859 – основание общества ŠKODA
- 1956 – начало ядерной программы на предприятии ŠKODA
- 1974 – начало программы производства ВВЭР
- 1980 – изготовлен первый реактор типа ВВЭР-440
- 1989 – изготовлен первый реактор типа ВВЭР-1000
- 1993 – начало программы производства контейнеров
- 1993 – приватизация и основание ŠKODA a.s. (промышленный холдинг) и дочернего общества ŠKODA JS s.r.o.
- 1999 – преобразование общества с ограниченной ответственностью в акционерное общество
- 2004 – приобретение ŠKODA JS a.s. группой ОАО ОМЗ
- 2010 – первая поставка компонентов реактора типа EPR
- 2017 – крупнейший среднеевропейский поставщик в области атомной энергетики, персонал – свыше 1100 человек



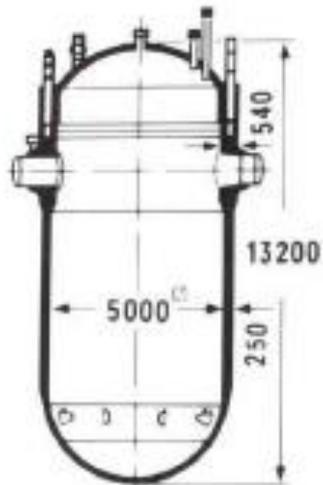
Эмиль Шкода
(1839-1900)
Основатель
предприятия
ŠKODA

SHIPPINGPORT POWER STATION
REACTOR VESSEL CLEAR OF RAILROAD
CAR,
13611-1
OCT. 10, 1958





Эволюция концепции корпусов для АЭС с реакторами типа PWR



- устранение продольных сварных швов
- снижение количества кольцевых сварных швов
- устранение сварного шва в области активной зоны
- понижение цены



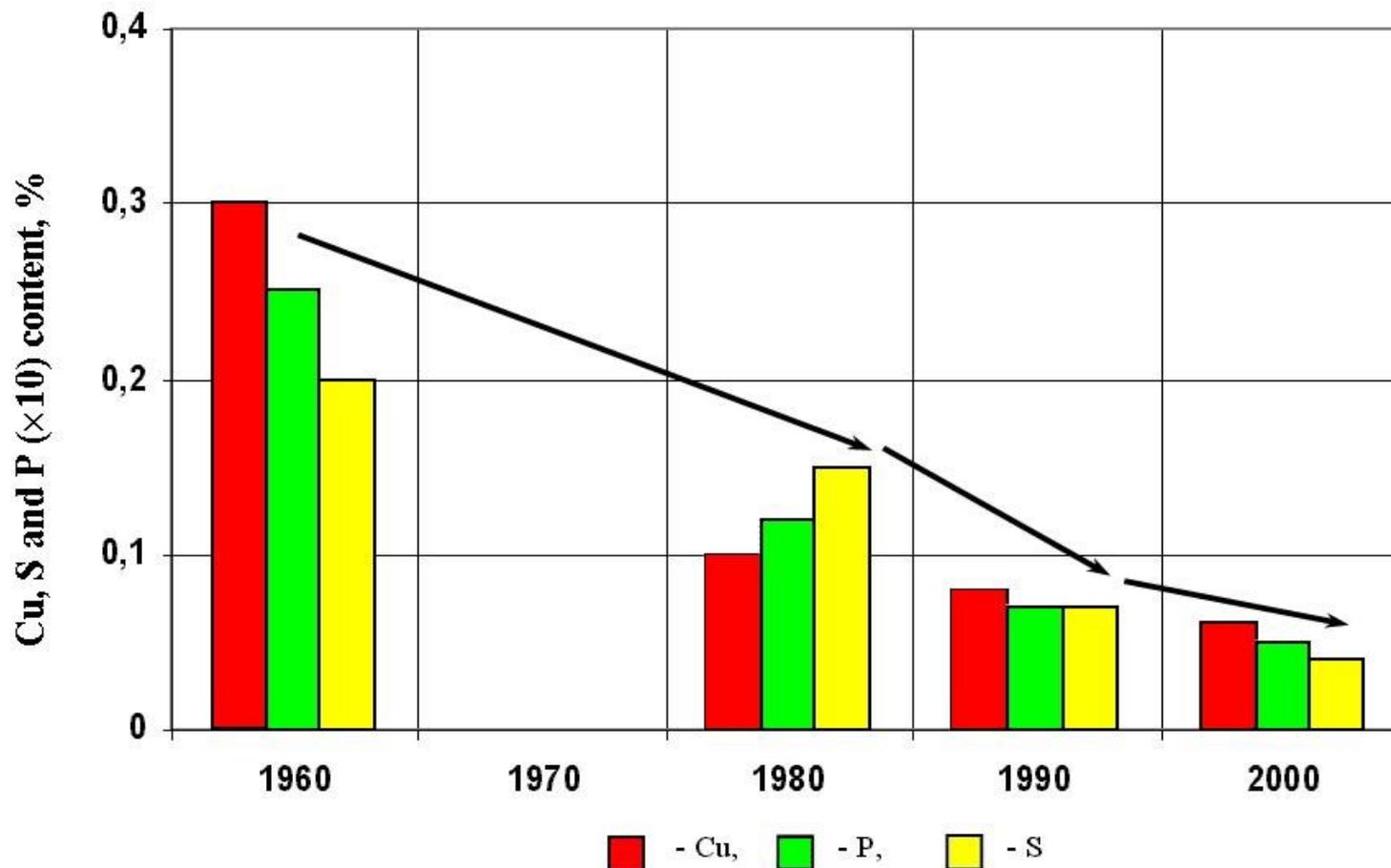
Корпуса ядерных реакторов должны обеспечивать длительную безопасную и надежную эксплуатацию в условиях высокого давления, температуры и радиационной нагрузки

- В общем данные стали должны иметь:
 - высокие прочностные свойства при эксплуатации при рабочих температурах ($R_{p0,2}$ и R_m)
 - высокую стойкость к хрупкому разрушению по всей толщине стены корпуса реактора
 - высокую стойкость к радиационному и температурному охрупчиванию в эксплуатационных условиях
 - хорошую технологическую обрабатываемость
 - очень хорошую свариваемость
- **Ключевым является химический состав и концентрация загрязнений в первую очередь в области напротив активной зоны реактора, т.н. „beltline region“**
- Кодовая допустимость – согласно стандартам ASME, RCC-M, KTA, GOST(PNAE-G), NTD A.S.I. Sekce II (инструкция R.G. 1.85)



Требования, предъявляемые к материалам корпуса реактора

Тренд снижения концентрации важных загрязнений в сталях
для корпусов реакторов



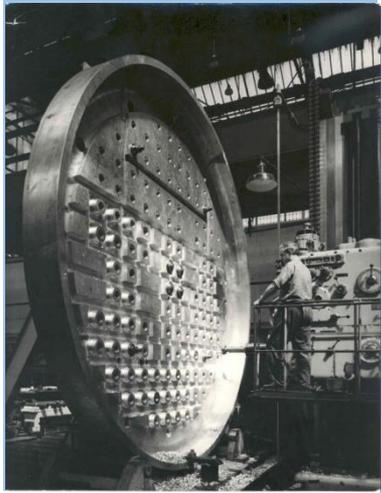


Основной химический состав сталей для корпусов реакторов PWR (вес.%)

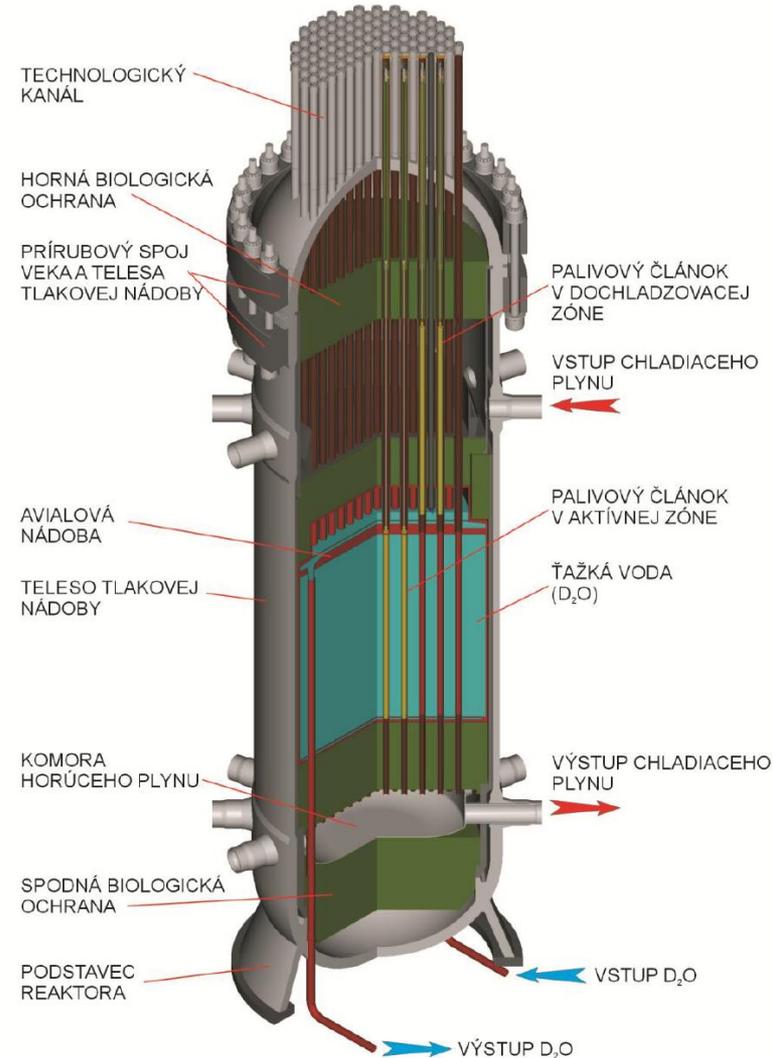
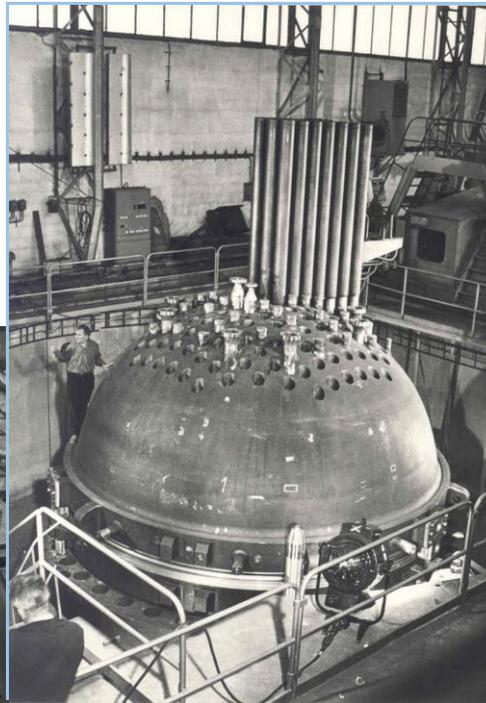
Сталь	Страна	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V
A-508 Gr.3Cl.1	США	0,15- 0,25	1,20- 1,50	0,15- 0,35	max. 0,025	max. 0,025	max. 0,25	0,40- 1,00	0,45- 0,60	max. 0,05
16 MND 5	Франция	0,16	1,38	0,24	0,005	0,008	0,17	0,70	0,50	0,005
22MnMoNi55	Германия	0,17- 0,23	1,20- 1,50	0,15- 0,30	max. 0,015	max. 0,015	max. 0,02	0,45- 0,80	0,45- 0,60	max. 0,02
15Ch2MFA	Россия	0,13- 0,18	0,30- 0,60	0,17- 0,37	max. 0,025	max. 0,025	2,50- 3,00	max. 0,40	0,60- 0,80	0,25- 0,35
15Ch2NMFA	Россия	0,13- 0,18	0,30- 0,60	0,17- 0,37	max. 0,020	max. 0,020	1,80- 2,30	1,00- 1,50	0,50- 0,70	max. 0,10

Корпус реактора для АЭС А1 освоение технологии производства в ŠKODA Пльзень

1963 – 1969



**Производство корпуса реактора
для реактора KS 150 в Шкоде**





АЭС	Кол-во и тип блоков	Год поставки	Генеральная поставка технологической части АЭС	первого контура и портно-технологической					Актуальное состояние
				Рабочий проект	Производство компонентов	Комплектация	Монтаж	Пуско-наладка	
Богунце А1, Словакия	1 x HWGCR (150MWe)	1965-72	✓	✓	✓	✓	✓	✓	в ликвидации
Пакш, Венгрия	4 x VVER 440 / V-213	1980-87			✓*		✓*		эксплуатируется
Богунце V2, Словакия	2 x VVER 440 / V-213	1982-85		✓	✓	✓	✓	✓	эксплуатируется (блок 1 - 1984, блок 2 - 1985)
Дукованы, Чешская Республика	4 x VVER 440 / V-213	1982-87		✓	✓	✓	✓	✓	эксплуатируется (блок 1-1985, блок 2 - 1986, блок 3 - 1987, блок 4 -1988)
Норд, Германия	3 x VVER 440 / V-213	1982-88			✓		✓		в ликвидации
Жарновец, Польша	4 x VVER 440 / V-213	1986-88			✓				проект отменен
Моховце, Словакия	4 x VVER 440 / V-213	1987-99		✓	✓	✓	✓	✓	блоки 1,2 эксплуатируются с 1998 (1999)
Белене, Болгария	1 x VVER 1000 / V-320	1988			✓				планируемое завершение 2013 - 2015
Темелин, Чешская Республика	2 x VVER 1000 / V-320	1991-2003		✓	✓	✓	✓	✓	в эксплуатации (блок 1 - 2002, блок 2 - 2003)



- Проектировщик ZNR – ОКБ Гидропресс, г. Подольск, Московская область, РФ (ГОСГОРТЕХНАДЗОР, ЦНИИТМАШ)
- Требование по обеспечению транспортируемости корпусов реактора ВВЭР по железной дороге ограничивало размер корпусов, в первую очередь, по диаметру.
- Из этого следует:
 - более высокий флюенс нейтроном (меньше водяной зазор между внутренней стенкой реактора и ТВС)
 - **более жесткие требования по чистоте материала корпуса реактора**
 - меньше толщина стены, что приводит к необходимости повышения прочностных свойств



Корпуса производства ŠKODA для АЭС с ВВЭР

Сравнение основных параметров корпусов реакторов ВВЭР-440 и ВВЭР-1000

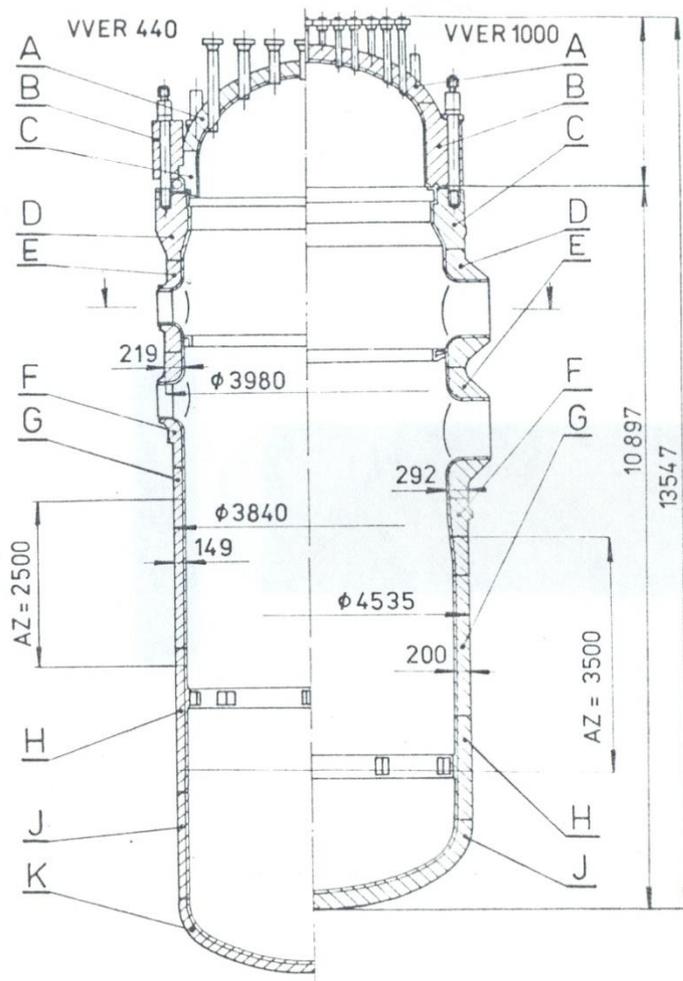
Tlaková nádoba	VVER 440	VVER 1000
Výška tlakové nádoby [mm]	11805	10897
Vnější průměr TNR přes nátrubky [mm]	4700	5260
Počet a průměr nátrubků [mm]	12 x 500	8 x 850
Počet nátrubků od PG	12	8
Vnější průměr přírubového prstence [mm]	4270	4570
Vnější průměr hladké části [mm]	3840	4535
Vnitřní průměr hladké části [mm]	3542	4136
Tloušťka stěny hladké části bez návaru [mm]	140	192,5
Tloušťka návaru [mm]	9	7+2/-1
Tloušťka dna [mm]	160	237
Hmotnost tělesa [kg]	215150	321210
Materiál tělesa, značka	nízkoalokovaná vysokojakostní ocel 15Ch2MFA	nízkoalokovaná vysokojakostní ocel 15CH2NMFA a 15CH2NMFA-A
Materiál návaru, značka	austenitický návar Sv07Ch25N13/Sv08Ch19N10G2B	austenitický návar Sv07Ch25N13/Sv04Ch20N10G2B
Vnitřní objem tělesa [m ³]	112	133
Projektová doba životnosti TNR	40 let	40 let

Víko	VVER 440	VVER 1000
Průměr víka [mm]	3640	4580
Výška víka [mm]	2100	2170
Tloušťka stěny víka [mm]	221	285
Hmotnost víka [kg]	48500	89145
Vnitřní objem víka [m ³]		14



Корпуса производства ŠKODA для АЭС с ВВЭР

Обзор полуфабрикатов для производства корпусов реакторов ВВЭР-440 и ВВЭР-1000, с указанием веса отливок



Tlaková nádoba VVER 440

- A - vrchlík víka - I 85
- B - volná příruba - I 135
- C - prsteneц víka - I 85
- D - přírubový prsteneц - I 135
- E - hrdlový prsteneц horní - I 135
- F - hrdlový prsteneц dolní - I 135
- G - hladký prsteneц dlouhý - I 135
- H - hladký prsteneц krátký - I 110
- J - hladký prsteneц krátký (dna) - I 110
- K - vrchlík dna - I 85

Tlaková nádoba VVER 1000

- A - vrchlík víka - I 110
- B - přírubový prsteneц víka - I 195
- C - přírubový prsteneц - I 135
- D - hrdlový prsteneц horní - I 195
- E - hrdlový prsteneц dolní - I 195
- F - opěrný prsteneц - I 135
- G - horní hladký prsteneц - I 170
- H - dolní hladký prsteneц - I 170
- J - vrchlík dna - I 135



Технология сливных плавок и использованные отливки



Для отливки I 135

EOP 25 т

75 т (1 КОВШ)

SM 50 т

EOP 13 т

63 т (2 КОВШ)

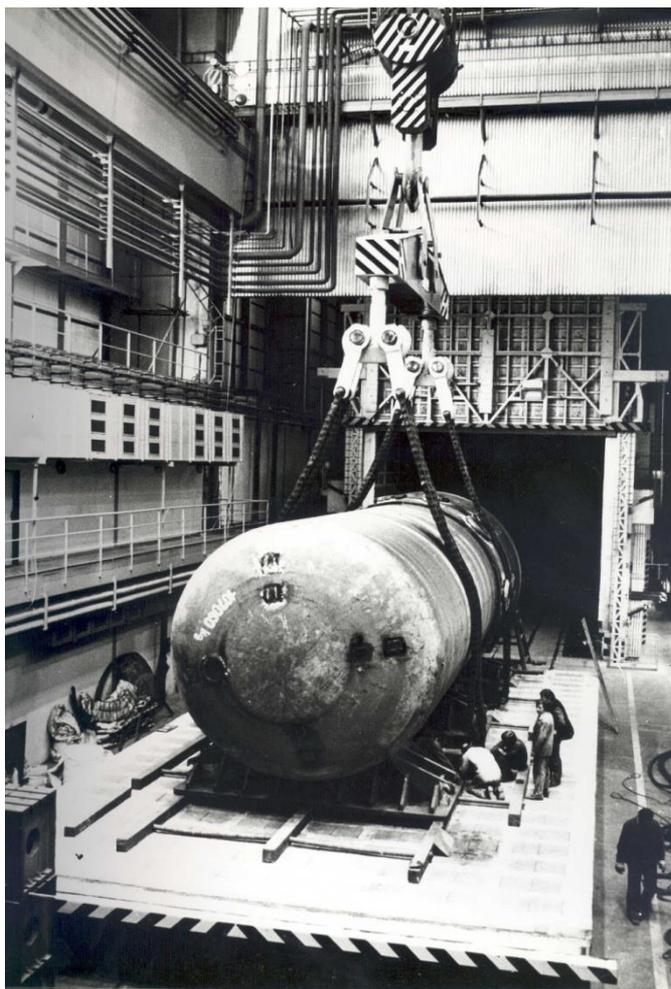
SM 50 т

**Вакуумное литьё < 1 torr,
(температура литья 1640°C)**

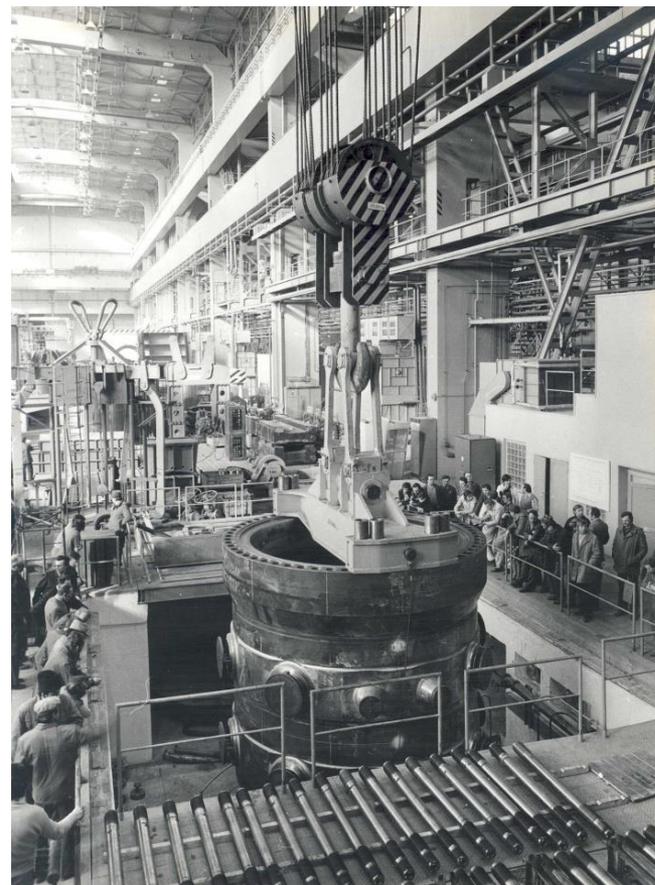


Корпуса производства ŠKODA для АЭС с ВВЭР

**Подготовка корпуса ВВЭР 440
к окончательной термообработке**



**Корпус реактора ВВЭР 440 после
контроля давлением 25 МПа**





Корпуса производства ŠKODA для АЭС с ВВЭР 440

Подготовка к транспортировке первого корпуса реактора ВВЭР-440,
изготовленного в ŠKODA Пльзень на АЭС «Пакш», Венгрия, 1981 г.





FACULTY OF MECHANICAL
ENGINEERING
UNIVERSITY
OF WEST BOHEMIA

Корпуса производства ŠKODA для АЭС с ВВЭР 440





Корпуса производства ŠKODA для АЭС с ВВЭР 1000

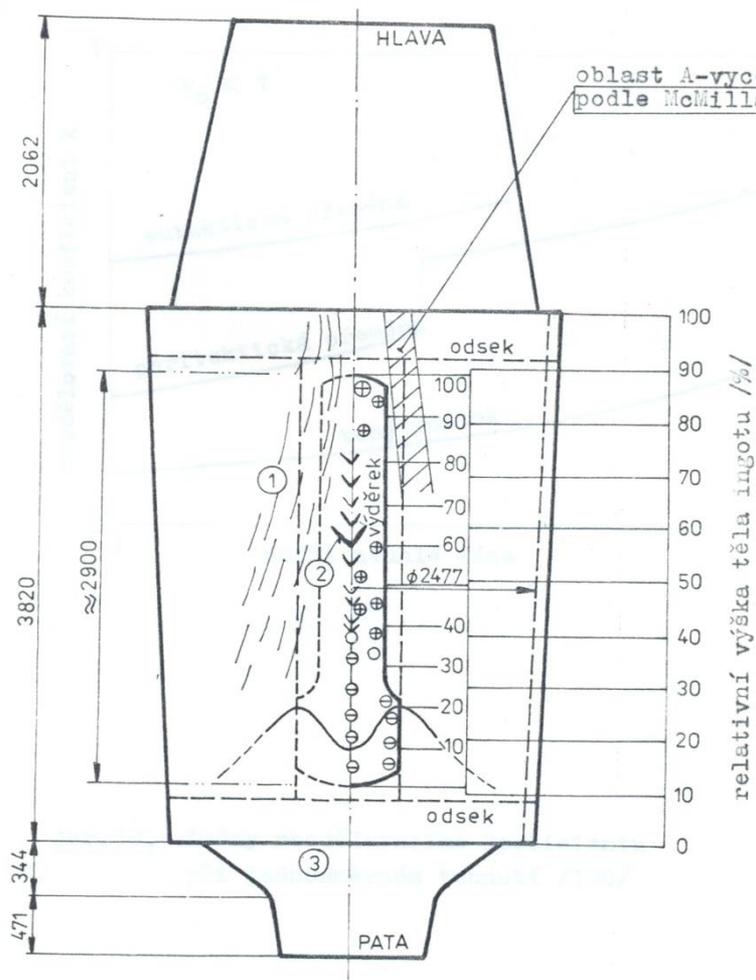
На основании обширных работ по освоению технологий в ходе производства корпуса реактора ВВЭР-1000 были применены современные технологии



- Производство отливок весом 203 т
- Перфорация с помощью полового дорна
- Кузнечная прессовка патрубков
- Целокованные обечайки (не из листов проката)
- Сварные швы с узкой кромкой
- Монтажный сварной шов патрубков-трубопровод
- Ду 850



Корпуса производства ŠKODA для АЭС с ВВЭР 1000



- ① A-vycezeniny
- ② V-vycezeniny
- ③ patní kužel vměstků

- ⊖ záporná segregace
- ⊕ kladná segregace
- nulová segregace

Отливка весом 203 тон со
схемой дальнейшей
обработки давлением





Корпуса производства ŠKODA для АЭС с ВВЭР 1000

Ковка на прессе ШКОДА
частей корпуса ВВЭР 1000

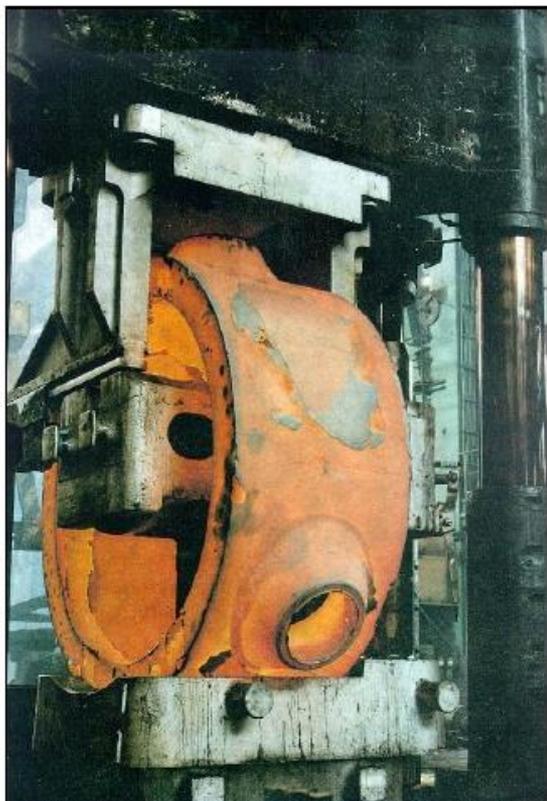
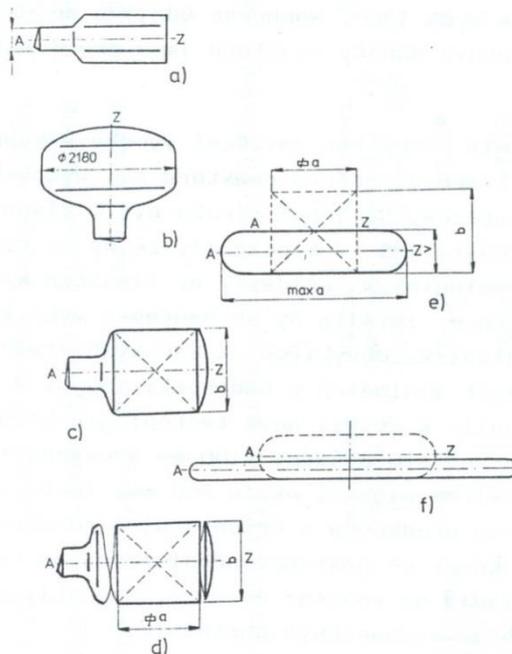


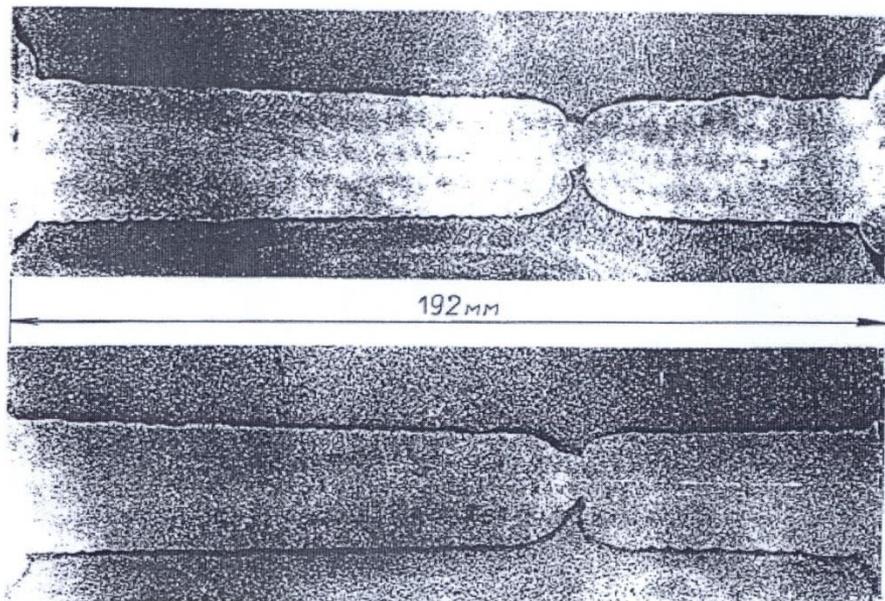
Схема технологии изготовления
заготовки днища и крышки корпуса





Корпуса производства ŠKODA для АЭС с ВВЭР 1000

Сварка в месте будущей АЗ
Толщиной 192 мм
(„beltline region“)



MACROETCHING CIRCUMFERENTIAL NARROW GAP
WELDS OF QUALIFICATION TEST COUPONS
(beltline region VVER 1000 RPV)

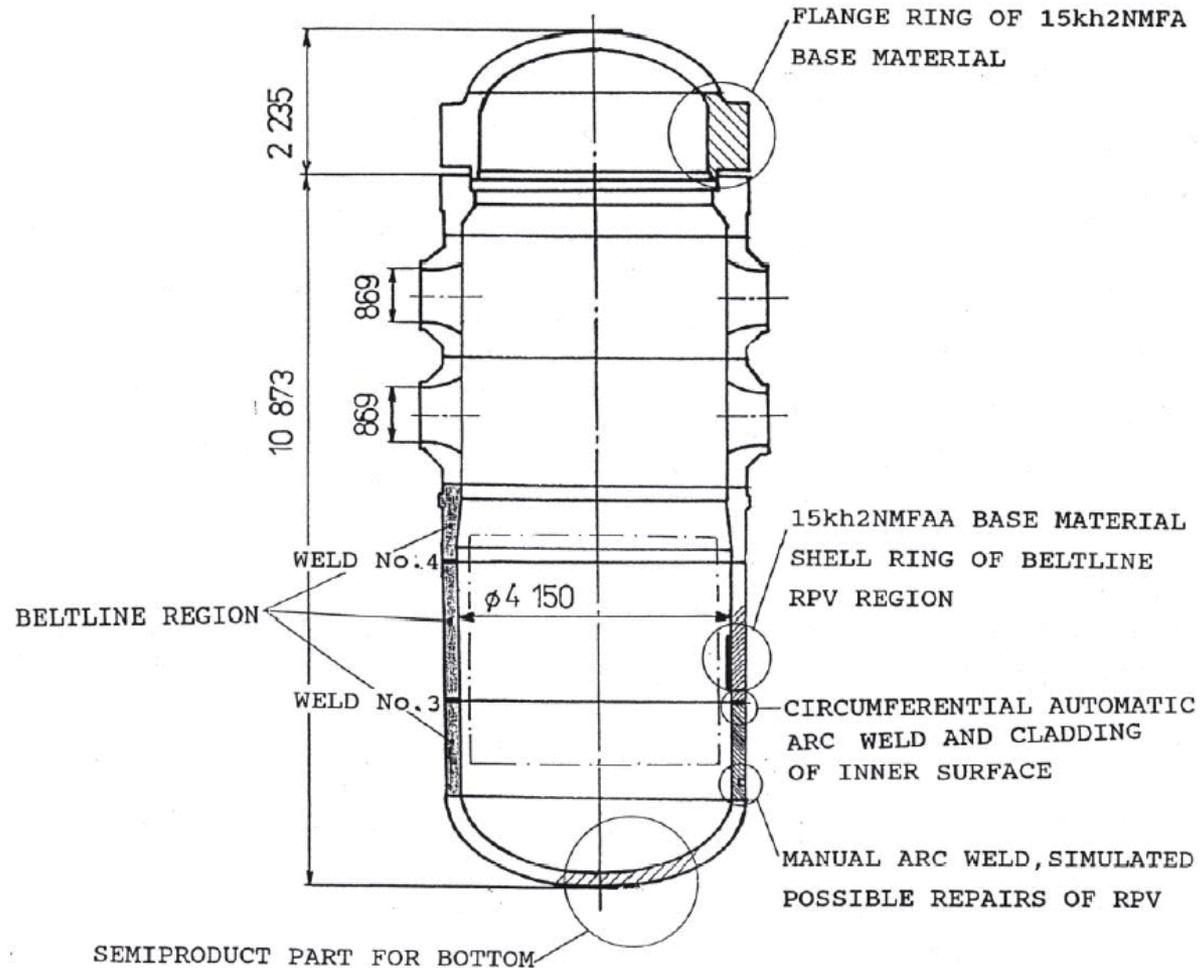
Двухслойная наплавка
частей корпуса





Корпуса производства ŠKODA для АЭС с ВВЭР 1000

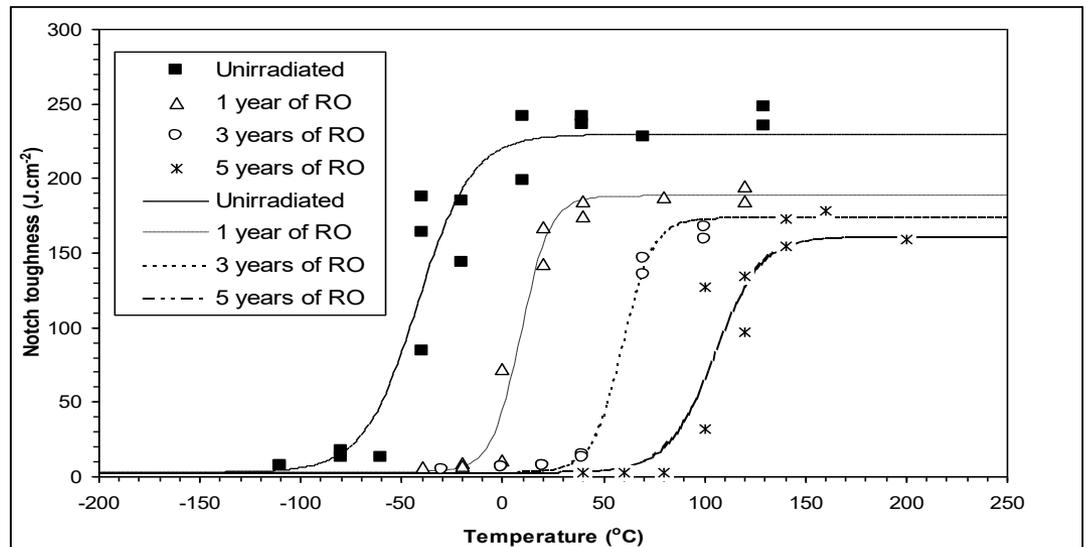
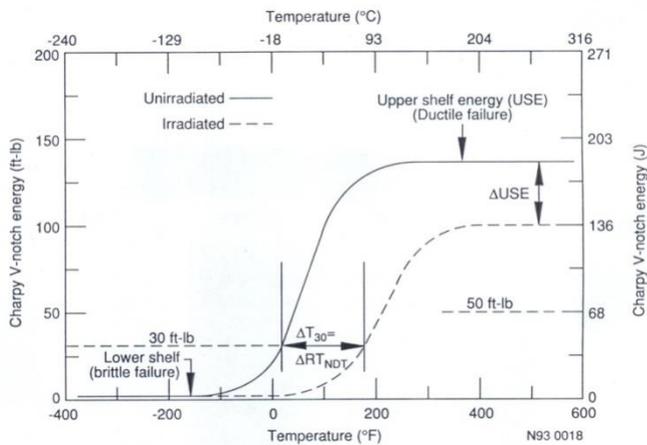
Аттестационная программа испытаний материалов корпуса реактора ВВЭР-1000





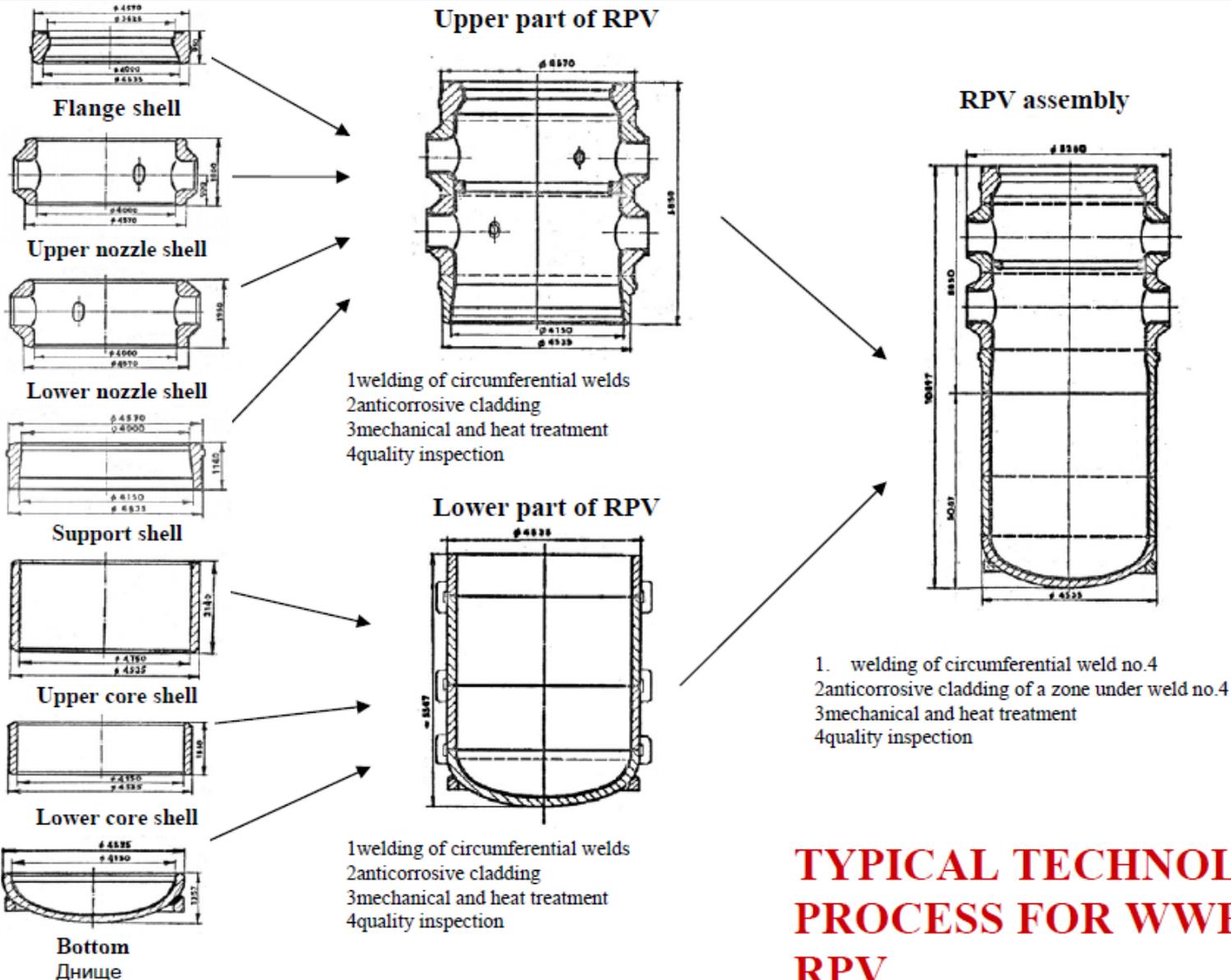
Корпуса производства ŠKODA для АЭС с ВВЭР 1000

Принцип оценки уровня радиационного повреждения материала корпуса реактора





Корпуса производства ŠKODA для АЭС с ВВЭР 1000

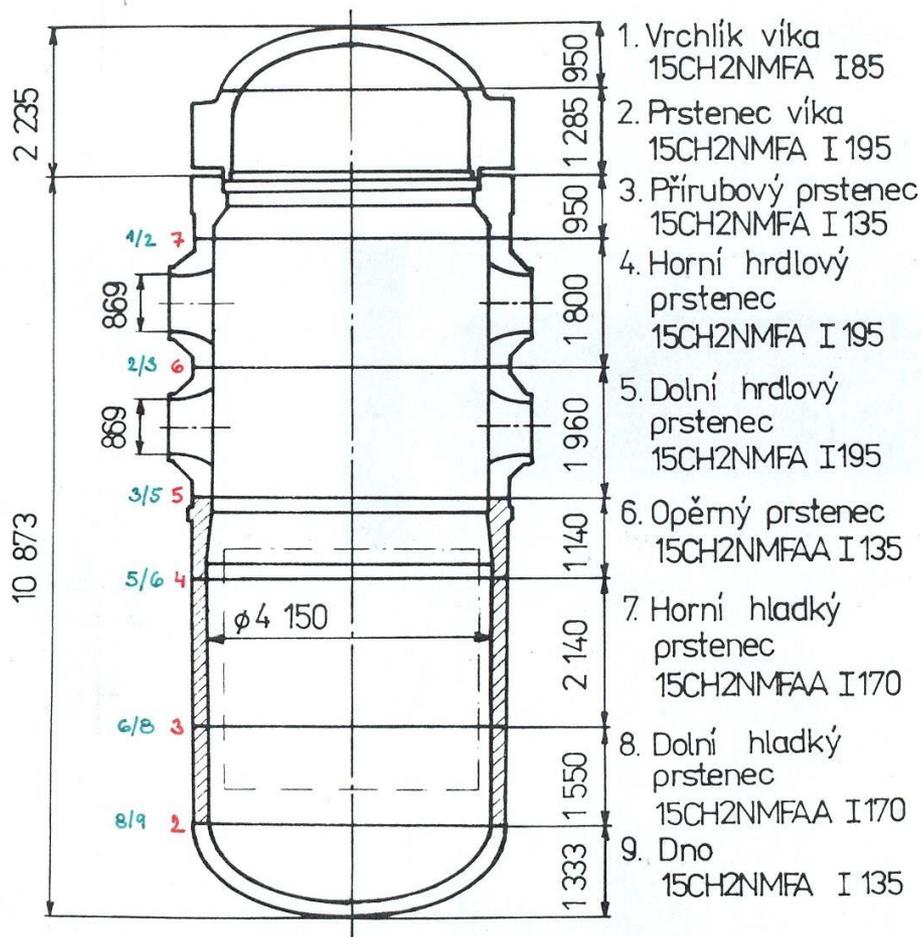


**TYPICAL TECHNOLOGY
PROCESS FOR WWER-1000
RPV**



Корпуса производства ŠKODA для АЭС с ВВЭР 1000

Skladba a velikost polotovarů TN VVER 1000 - čísla taveb pro TN JE Belene a 1. a 2. blok Temelín



	1. BELENE	1. TEMELÍN	2. TEMELÍN
1	41466	52469	54118
2	42582	51695	54390
3	50781	52572	51177
4	40851	51055	51015
5	41020	51218	51772
6	51319 ¹⁾	52848	52144
7	51738	52839	53788
8	51711	52670	37687 ²⁾
9	44628	53517	00126 ¹⁾

1) použit ingot I 170

2) použit ingot I 195



Корпуса производства ŠKODA для АЭС с ВВЭР 1000

Сравнение фактической концентрации отслеживаемых загрязнений в корпусе реактора АЭС «Темелин» производства ŠKODA

Согласно паспорту	ETE 1			ETE 2			Материал
	P	S	Cu	P	S	Cu	
Фланцевая обечайка	0,012	0,015	0,08	0,009	0,011	0,07	15CH2NMFA
Верхняя патрубковая обечайка	0,013	0,017	0,09	0,014	0,016	0,07	
Нижняя патрубковая обечайка	0,010	0,015	0,08	0,011	0,013	0,08	
Опорное кольцо	0,0079	0,011	0,040	0,0087	0,010	0,035	15CH2NMFAA
Верхняя обечайка	0,0075	0,011	0,034	0,0069	0,009	0,048	
Нижняя обечайка	0,0089	0,010	0,030	0,0086	0,010	0,060	



Корпуса производства ŠKODA для АЭС с ВВЭР 1000

Корпуса реакторов производства ŠKODA для АЭС «Белене» -> Калининская АЭС, блок № 4

RPV part	Material	Heat No.	$T_{к0}, ^\circ\text{C}$	$T_0, ^\circ\text{C}$
Supporting ring	15Kh2HMΦAA	51319	- 70	- 126
Lower smooth ring	15Kh2HMΦAA	51711	- 80 - 50	- 145
Upper smooth ring	15Kh2HMΦAA	51738	- 60	- 123
Welding joint No.3	Sv08AA, Sv12X2H2MAA, FC-16A	176284	- 50 - 70	- 80
Welding joint No.4	Sv08AA, Sv12X2H2MAA, FC-16A	176284	- 50 - 70	- 80
Base metal			$\leq - 50$	$\leq - 123$
Weld metal			$\leq - 50$	$\leq - 80$

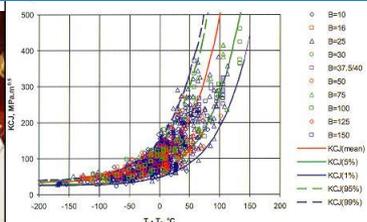


Что определяет срок службы корпуса реактора?

- *Исходное состояние*
- *Эксплуатационные режимы – изменения давления, температуры, флюенса*
- *Гидравлические испытания на прочность*
- *Влияние флюенса – радиационное охрупчивание*
 - *программа образцов-свидетелей*
 - *измерение флюенса за корпусом реактора (ретроспективная дозиметрия)*
- *Развитие дефектов – периодические контроли*



Управление сроком службы корпуса реактора



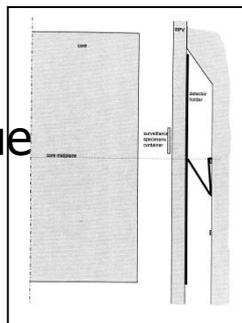
вклад ŠKODA JS

■ База данных характеристик материалов ВВЭР-440 и ВВЭР-1000

Модернизация программы образцов-свидетелей



■ Периодические контроли

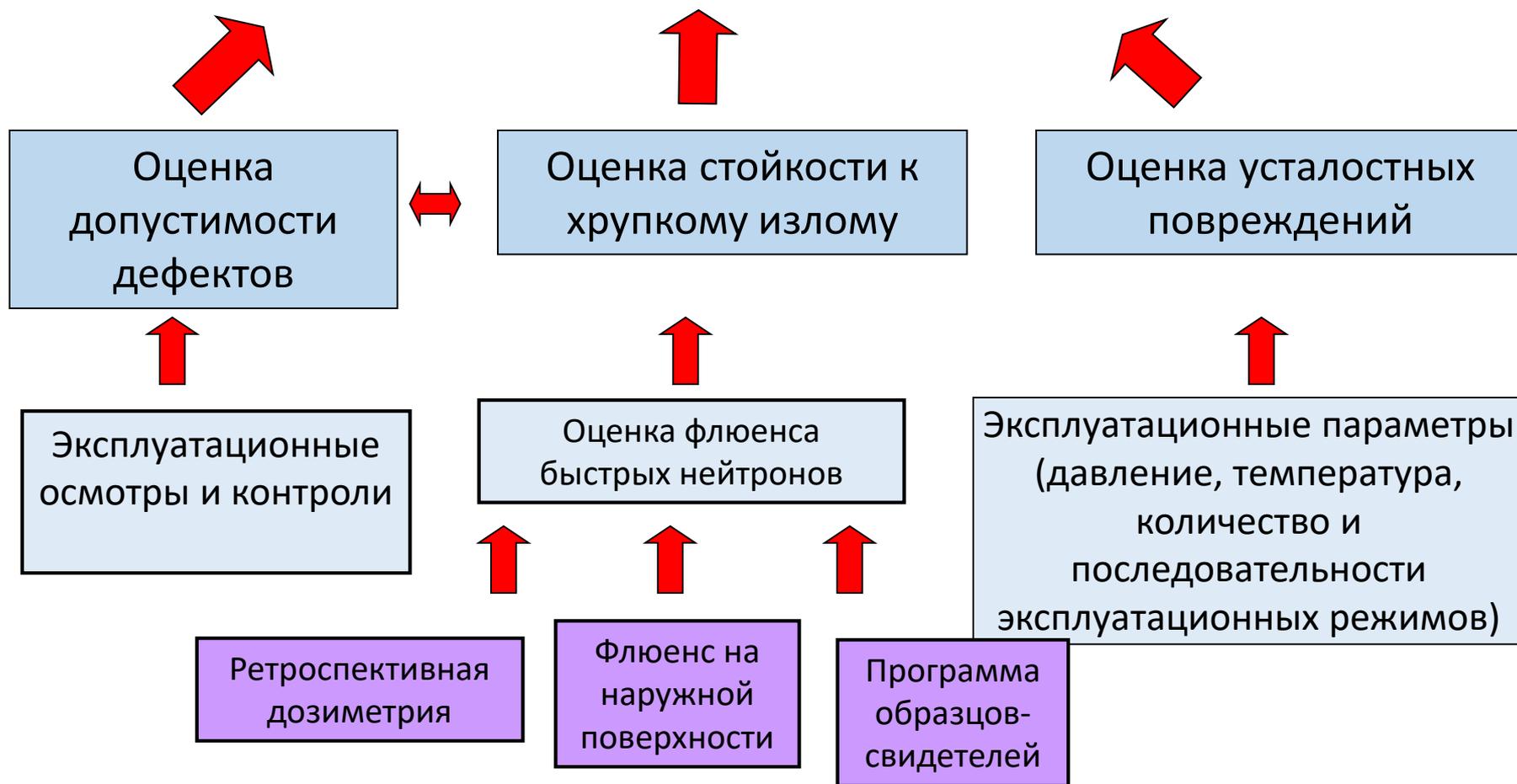


■ Ретроспективная дозиметрия

■ Нейтронная дозиметрия «за корпусом реактора»



Оценка остаточного срока службы корпуса реактора





- Для наблюдения за изменениями свойств материалов корпуса реактора в ходе эксплуатации используются программы **образцов-свидетелей**
- Применение данных программ требуется в инструкциях и рекомендациях государственных и международных органов по ядерной безопасности
- Базой данных программ является то, что образцы-свидетели изготавливаются из того-же материала как корпус реактора и проходят облучение в условиях, соответствующих условиям АЭС. Данные образцы периодически извлекаются и оцениваются.



Размещение цепочек образцов-свидетелей по окружности корпуса реактора ВВЭР-440/В-213



Сравнение оснащения одного из контейнеров для стандартной и дополнительной программы образцов-свидетелей корпуса реактора ВВЭР-440 (два образца Charpy-V и 12 образцов „insert“ для реконституции)

Техника реконституции – применение образцов типа „insert“ для испытаний на ударную вязкость вязкость на излом

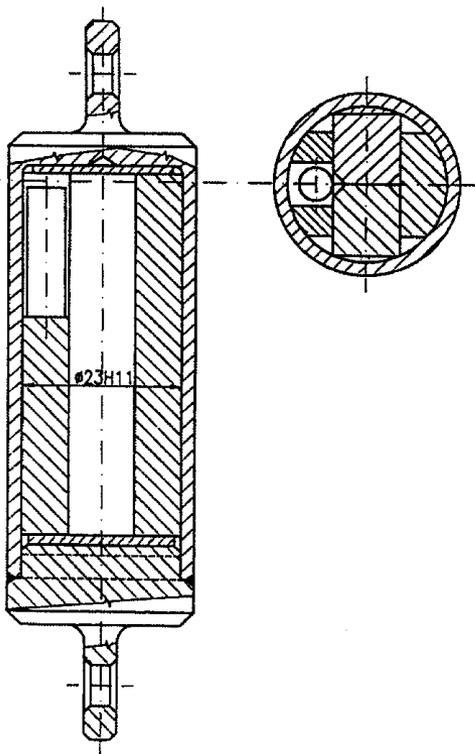


Fig. 1 Scheme of a container from the Standard Surveillance Program

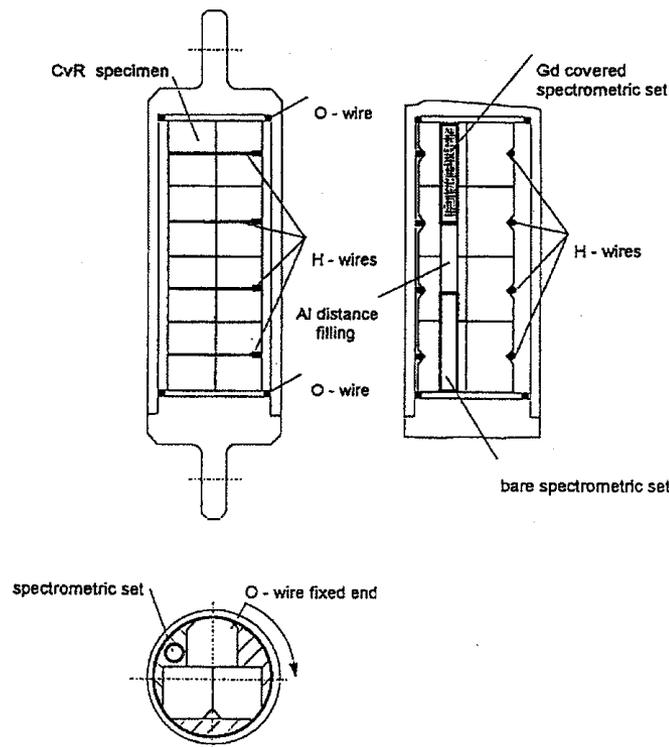
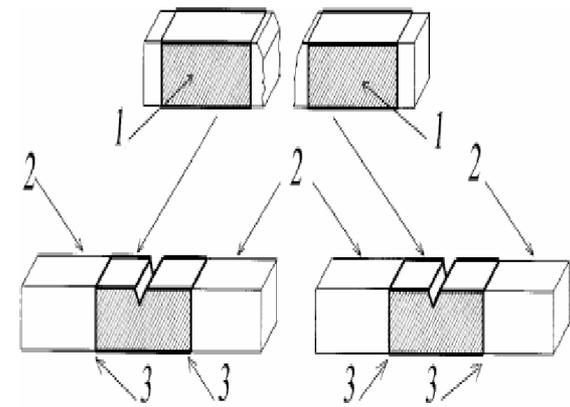
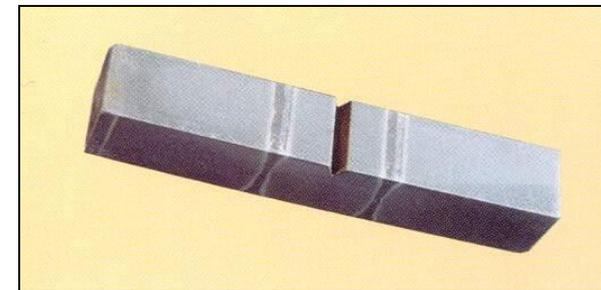


Fig. 2 Scheme of a container from the Supplementary Surveillance Program

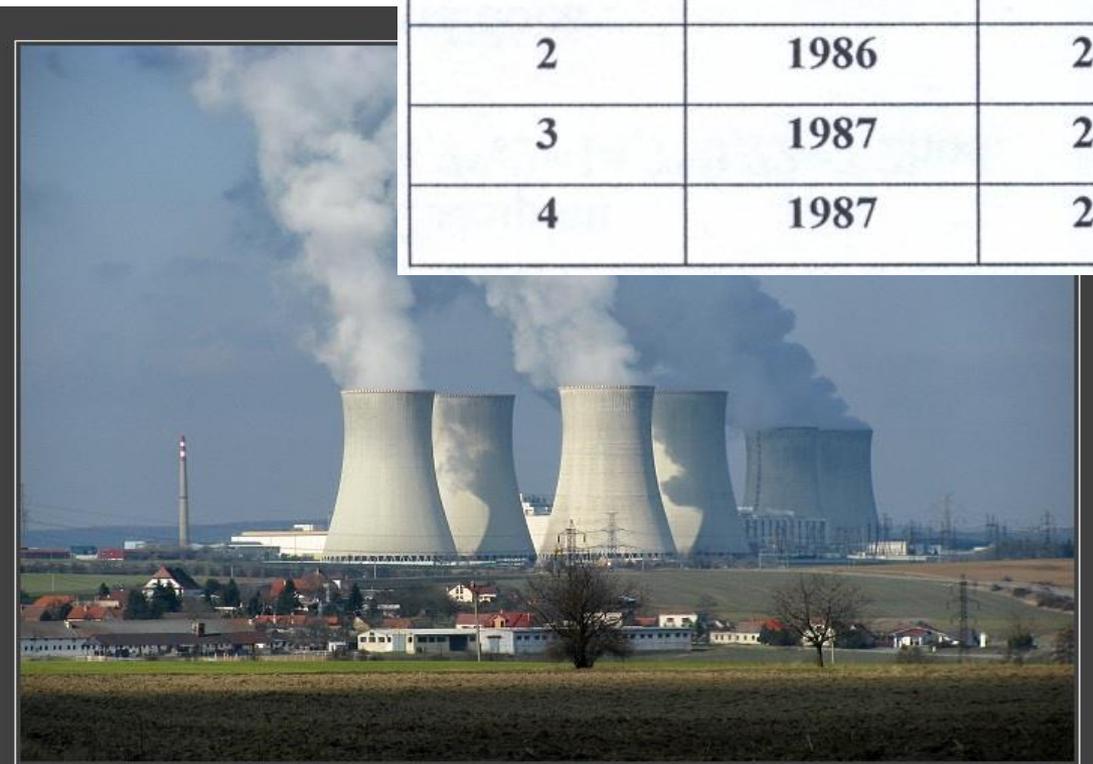




Управление сроком службы корпуса реактора

Требуемые сроки извлечения звеньев образцов-свидетелей для обеспечения продления срока эксплуатации АЭС «Дукованы»

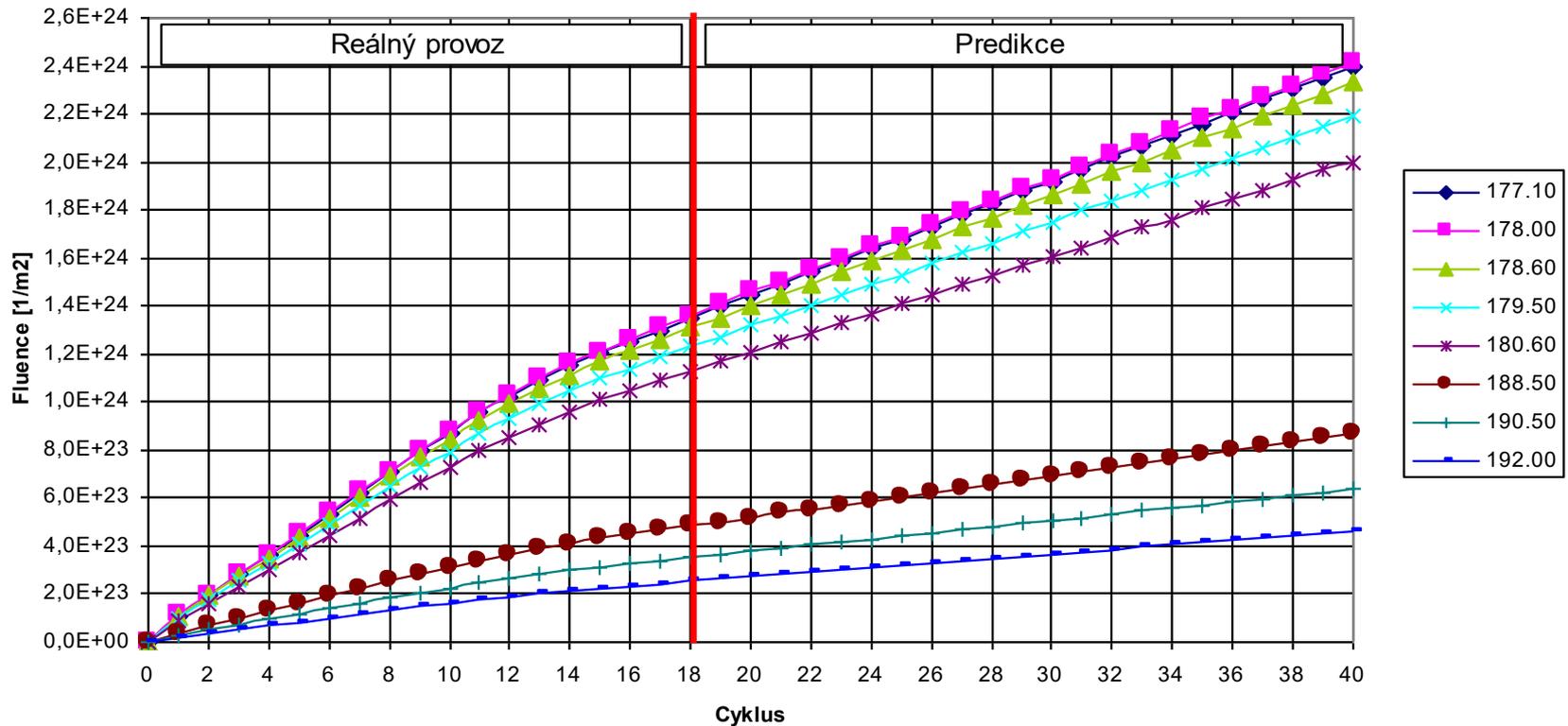
BLOK	ROK SPUŠTĚNÍ	PRODLOUŽENÍ ŽIVOTNOSTI NA		
		40 LET	60 LET	80 LET
1	1985	2010-2011	2020-2021	2040-2041
2	1986	2011-2012	2021-2022	2041-2042
3	1987	2012-2013	2022-2023	2042-2043
4	1987	2012-2013	2022-2023	2042-2043





Типичный график флюенса с $E > 0,5 \text{ MeV}$ в аксиальном максимуме для блока № 1 АЭС «Дукованы»

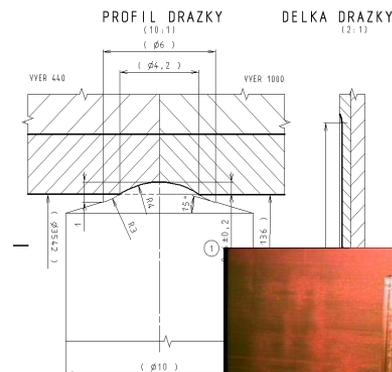
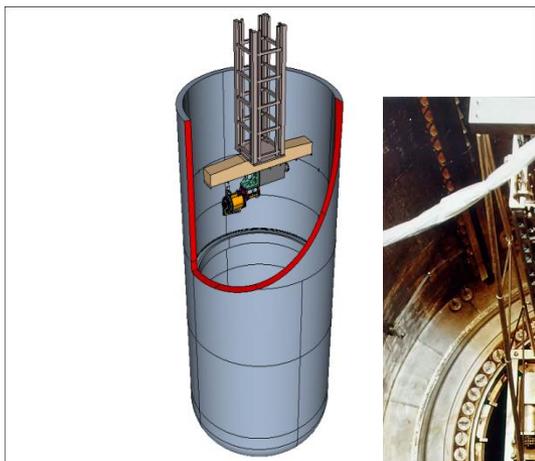
Obr. 3.1 - Typický průběh fluence (výpočet i odhad) s $E > 0.5 \text{ MeV}$ v axiálním maximu pro 1.bloku EDU





Отбор образцов для ретроспективной дозиметрии

Разработка и производство оборудования по заданию SÚJB



Реализация:

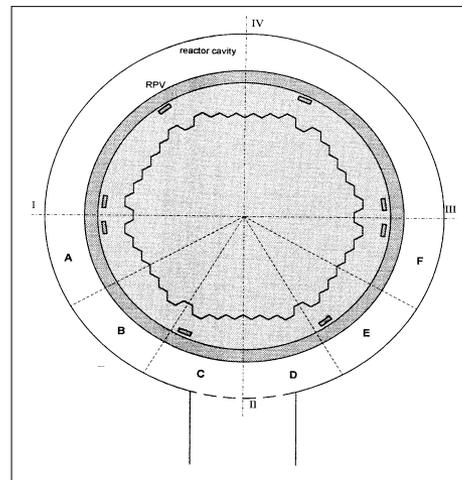
при участии SÚJB ČR

2005 - АЭС «Дукованы», ЧР

Определение активности Nb93
после 18 лет эксплуатации



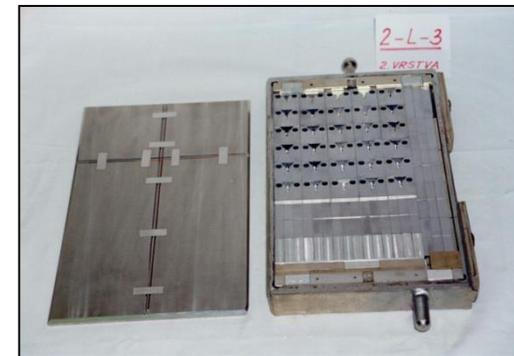
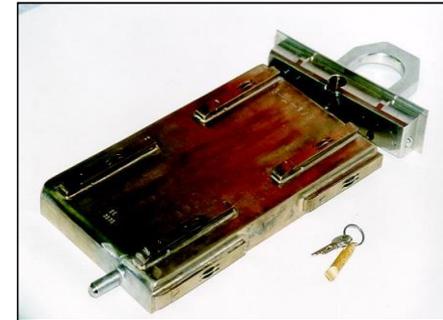
Размещение держателей и ячеек по модернизированной программе ОС ŠKODA в области активной зоны реактора ВВЭР-1000 (блоки № 1, 2 АЭС «Темелин»)





Характеристика модернизированной программы ОС для блоков № 1, 2 АЭС «Темелин»

- deset plochých kontejnerů (25 x 180 x 330 mm) 6+2+2
- výběr reprezentativních materiálů – základní materiál, svar, návar + JRQ IAEA Reference material
- 10 x %P + %Cu – hlavní kritérium + (%As+%Sb+%Sn)
- zkušební tělesa - Charpy-V+“insert“, COD+“insert“, tahovky a CT 0,5
- materiály monitorů neutronové fluence Fe,Ni,Co,Ti,Nb,Cu, U238,Np237
- teplotní tavné monitory
- celkový počet svědečných vzorků - 5648 ks
- 2, 6, 10, 18, 26 + „x“ **radiační poškození** (6 schránek)
- 14, 34 **teplotní stárnutí** (2 schránky)
- monitorování vlivu **regeneračního žíhání** (1 schránka)
- monitorování stupně opětovného zkřehnutí („re-embrittlement“) po regeneračním žíhání (1 schránka)





Управление сроком службы корпуса реактора

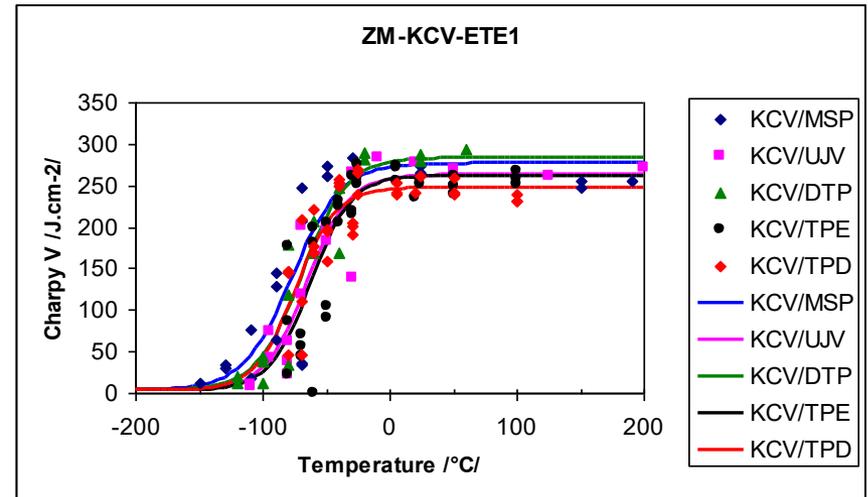
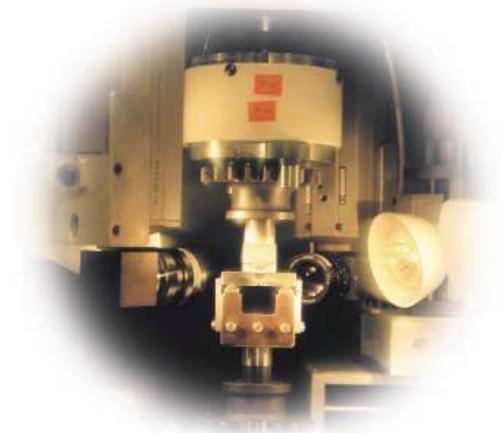
Ячейка	Продолжительность облучения, лет	Дата извлечения
U1*	4	2009
U2	8	2016
U3	12	2021
U4	20	2029
U5	28**	2040**
U6	36**	2049**

*- контейнер был установлен в 2005 г., и извлечен в 2009 г. из корпуса реактора блока № 2 АЭС «Темелин»

** - дата извлечения данных контейнеров может быть изменена



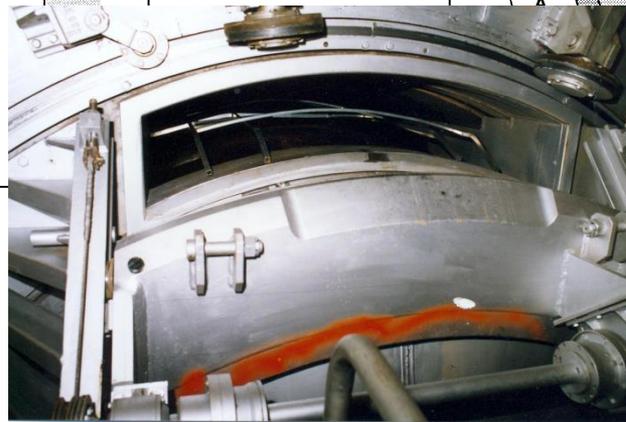
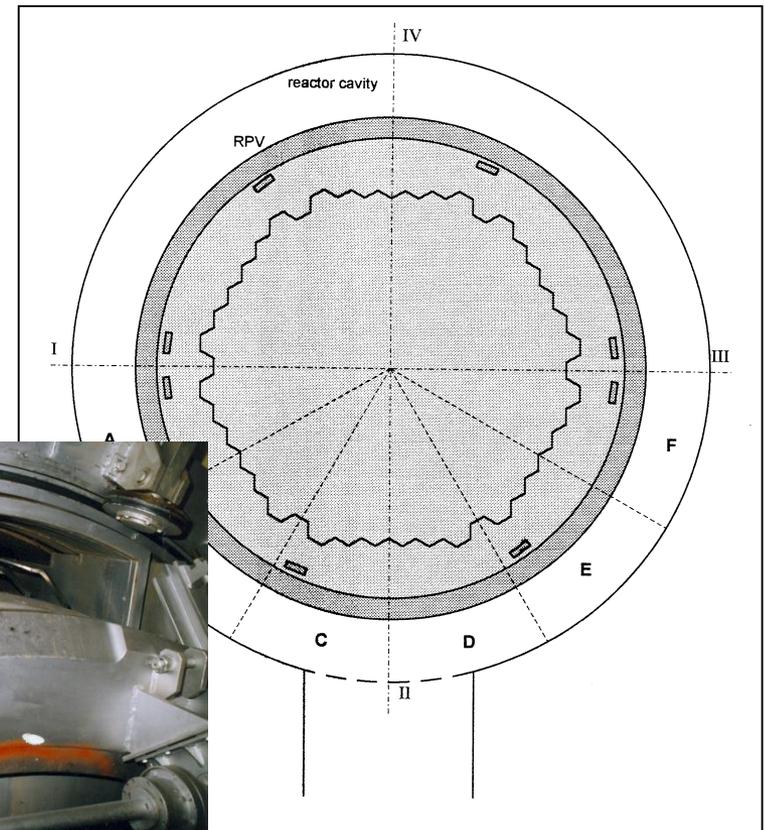
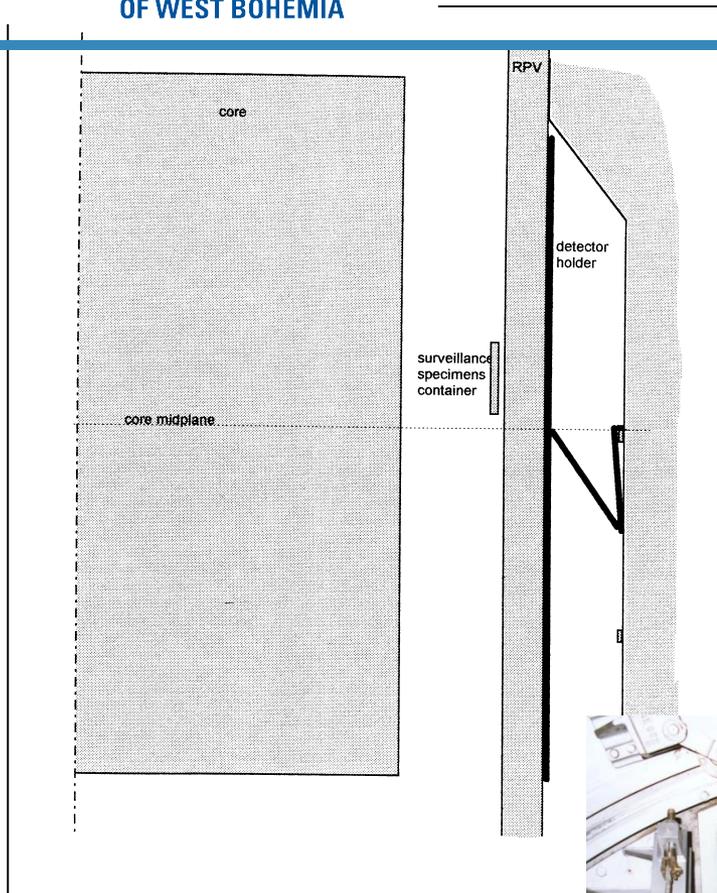
РМЛ и оценка результатов испытаний образцов-свидетелей в Институте ядерных исследований Ржеж





Управление сроком службы корпуса реактора

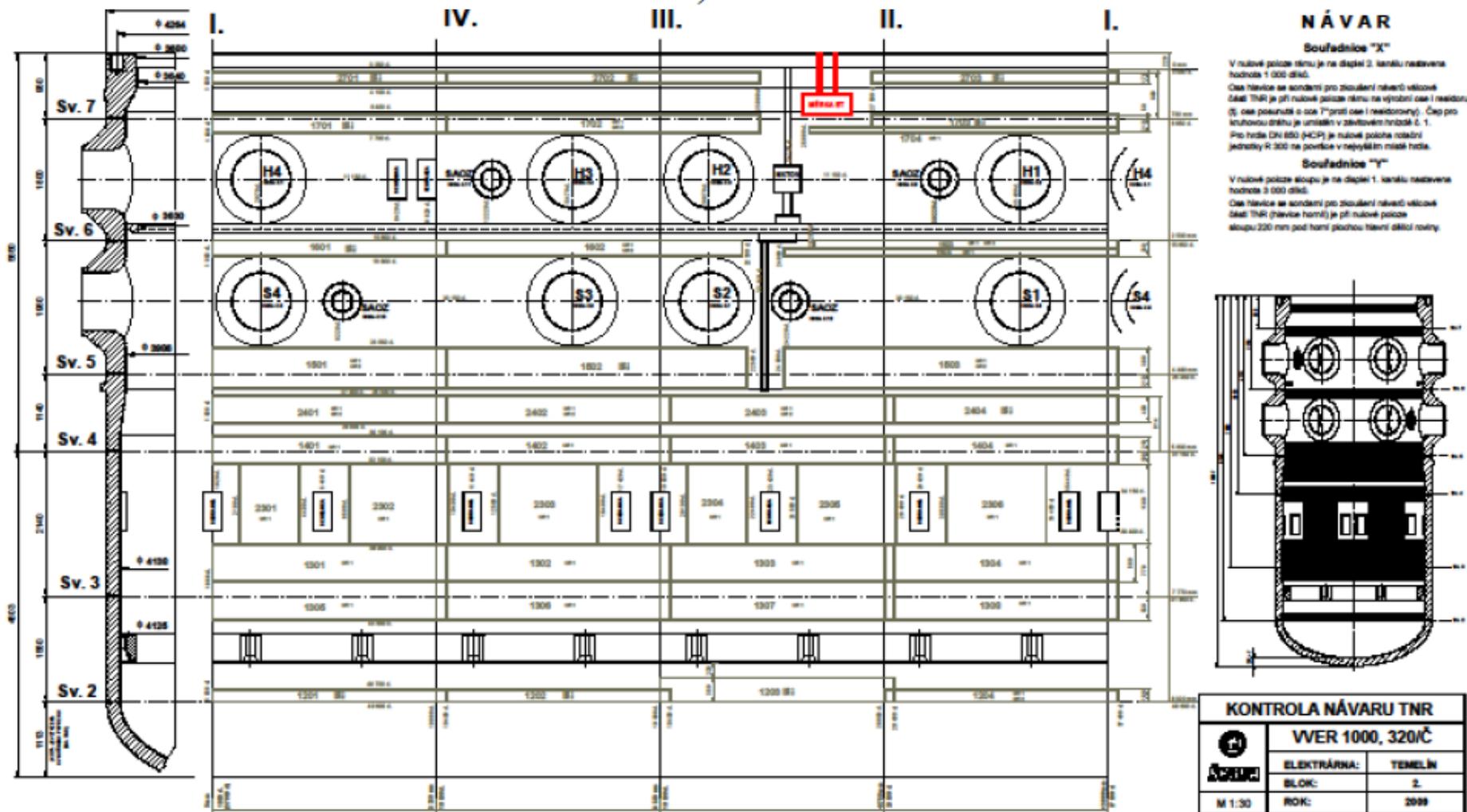
Измерение флюенса нейтронов на наружной поверхности корпуса реактора





Эксплуатационные контроли корпуса реактора

ETE – pásy ZM kontrolované UT (kontrola ZM probíhá současně s kontrolou návaru)





Parametry TNR VVER 1000/V-320.Č	Hodnota
Tlak na výstupu z aktivní zóny při práci reaktoru v nominálním režimu	15,7 MPa
Výpočtový tlak	17,6 MPa
Teplota vody na výstupu z reaktoru při práci reaktoru v nominálním režimu	320°C
Výpočtová teplota stěny nádoby	350°C
Zkušební tlak při tlakové zkoušce na pevnost	24,5 MPa
Teplota stěn při tlakové zkoušce na pevnost	Dle bodu 3.5
Výpočtová životnost tělesa tlakové nádoby	40 let (60 let ?)
Maximální výpočtová fluence rychlých neutronů s energií $E = 0,5 \text{ MeV}$ za dobu životnosti 40 let	$5,7 \cdot 10^{19}$ neutr./cm ²

Minimální přípustná teplota stěny TNR při zatížení tlakem vyšším než 3,5 MPa – teplota T_s – se určuje v závislosti na době provozu reaktoru podle tabulky s přihlédnutím k výsledkům zkoušek svědečných vzorků (uzel 1.2.9).

Čas	Před zahájením provozu	Doba provozu rok									
		do 1	do 4	do 8	do 12	do 16	do 20	do 24	do 28	do 30	do 40
Teplota T_1 °C	50	50	86	97	103	108	112	115	118	119	125

Teplota stěny T_s tělesa tlakové nádoby při zatěžování tlakem vyšším než 3,5 MPa se určí : $T_s = \max. T_1, T_2$; teplota $T_2 = T_{KO} + 50$, kde T_{KO} je přechodová teplota určená zkouškami ozářených svědečných vzorků.



Сравнение подходов различных нормативных документов к уровню величины давления гидроиспытаний на прочность

předpis	limitní zkušební tlak	zkušební tlak pro VVER 1000 [MPa]	teplota
ASME XI	$1,1 p_{\text{prac.}}$	17,3	$f (RT_{\text{NDT}}, K_{\text{IR}}, F)$
RCC-M	$1,3 p_{\text{výpoč}} \text{ návrh } 1,1 p_{\text{výpoč}}$	22,9 19,4	
KTA 3201	$1,25 p_{\text{výpoč}} \text{ návrh } 1,1 p_{\text{výpoč}}$	22,0 19,4	
PNAE	$1,25 p_{\text{výpoč}} \sigma^{\text{Th}} / \sigma^{\text{T}}$	23,9	$f (T_{\text{ko}}, K_{\text{lc}}, F)$
Pravila ustrojstva	$1,25 p_{\text{prac}} \sigma^{\text{Th}} / \sigma^{\text{T}}$	21,3	
NTD A.S.I. III Пřípad č. 1/2004	$1,25 p_{\text{prac.}} \sigma^{\text{Th}} / \sigma^{\text{T}}$ $1,15 p_{\text{prac.}} \sigma^{\text{Th}} / \sigma^{\text{T---}}$	21,3 19,6	$f (T_{\text{ko}}, K_{\text{lc}}, F)$



Расчет пониженного давления гидроиспытания на прочность

$$p = 1,15 \cdot p_p \cdot \sigma^{Th} / \sigma^T$$

где

p - испытательное давление при периодическом гидроиспытании на прочность, МПа

p_p - рабочее давление, МПа

σ^{Th} - номинальное допустимое напряжение при гидроиспытании на прочность, МПа

σ^T - номинальное допустимое напряжение при расчетном давлении, МПа

$$p = 1,15 \cdot 15,7 \cdot 225/207 = 19,6 \text{ МПа}$$

Испытательное давление для периодических гидроиспытаний на прочность согласно Примеру №

1/2004 NTD A.S.I. III равно 19,6 МПа

Испытательное давление для периодических гидроиспытаний на герметичность согласно Примеру № 1/2004 NTD A.S.I. III равно расчетному давлению 17,6 МПа.



Влияние изменения давления гидроиспытания на прочность на срок службы корпуса реактора

Зávěry

Hodnoty čerpání dílčího únavového poškození během PTZ pro původní a nově stanovený tlak byly vypočteny pro nátrubek D 850. Tato lokalita byla vybrána z toho důvodu, že vykazovala ze všech sledovaných výpočtových uzlů během tlakových zkoušek nejvyšší hodnoty dílčího únavového poškození

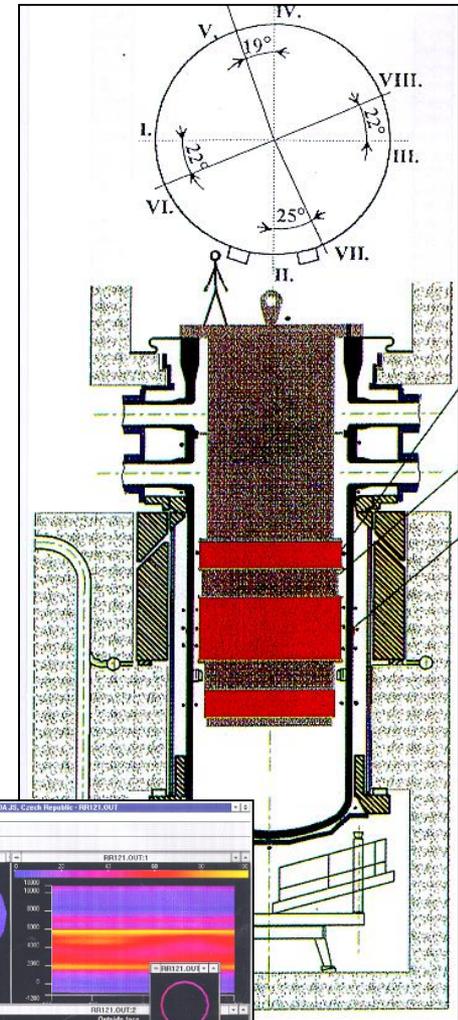
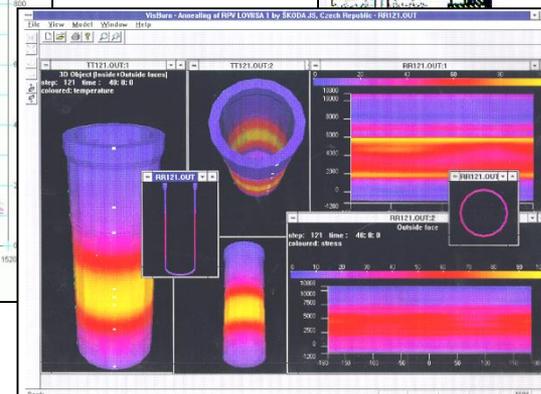
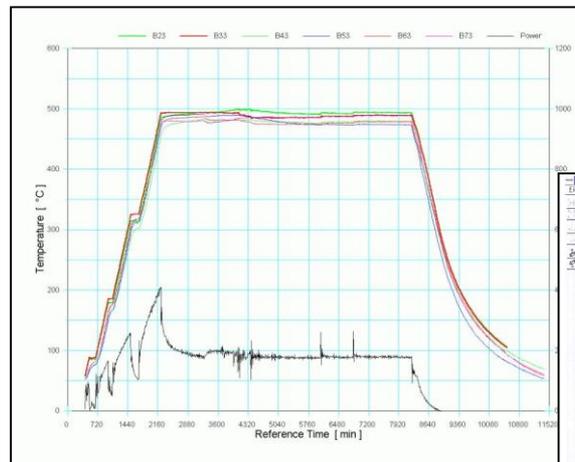
Podstatný vliv na čerpání únavového poškození v ZM i v návaru má změna tlaku. Snížení tlaku PTZ o 4,9 MPa se projevuje snížením dílčího únavového poškození v ZM o $\approx 50\%$, v návaru o $\approx 30\%$.

Zvýšení teploty PTZ z hodnoty 100°C na 130°C představuje relativně malý pokles čerpání dílčího únavového poškození pro ZM $dA \approx 3\%$, pro návar toto zvýšení teploty znamená značný pokles čerpání dílčího únavového poškození $dA \approx 46\%$.



Технология регенеративного отжига - ŠKODA JS Plzeň

- Prakticky všechny „staré“ TNR VVER 440/V-230 byly vyžihány pomocí speciálního zařízení s elektrickým odporovým ohřevem
- Ruská firma MOCHT- otžig vyžihala 12 TNR
- ŠKODA JS a.s. ve spolupráci s EBO a VÚJE úspěšně vyžihala 3 TNR (JE Bohunice 1 a 2 a JE Loviisa – 1993 a 1996)
- Poslední žihání bylo provedeno v roce 2010 na ROJE 1.blok (realizace – OKB Gidropress)





Гайковерт шпилек главного фланцевого соединения реактора

- Совместный проект Siempelkamp Tensioning Systems и ŠKODA JS
- Затяжка всех шпилек одновременно
- Референции:
 - АЭС «Дукованы», - поставлено в 2008 г.
 - АЭС «Богунце» / «Моховце» – поставлено в 2008 г.
 - АЭС «Темелин» – поставлено в 2009 г.
 - АЭС «Моховце», блоки № 3, 4 – поставлено в 2013 г.





Выводы

1. Технология производства корпусов реакторов для АЭС типа ВВЭР, применяемая на ŠKODA JS, обеспечивает отличные показатели как с точки зрения чистоты, так и механических свойств стали.
2. Модернизированные программы образцов-свидетелей разработанные на ŠKODA JS обеспечивают объективные информации об реальном процессе старения корпусов реакторов.
3. Система периодических контролей корпусов реакторов проводимая ŠKODA JS позволяет постоянно оценивать реальное состояние материала корпусов в течении их эксплуатации.
4. Измерение флюенса нейтронов на поверхности корпуса и применение ретроспективной дозиметрии вносит вклад в объективную оценку состояния корпусов реакторов.
5. Программа снижения величины давления гидроиспытаний и изменение периода их выполнений на всех корпусах производства ŠKODA JS (кроме 4.бл. Калининской АЭС) значительно способствует к продлению срока службы указанных корпусов.
6. Анализ состояния главного разъема и применение новых гайковертов имеет свою долю в хорошем состоянии главного разъема корпусов реакторов.
7. Технология регенеративного отжига даст предпосылки для эксплуатации корпусов свыше проектного срока службы.

Кто построит новые блоки АЭС в ЧР? И будет участвовать чешская промышленность?

Atmea – společný podnik francouzské Arey a japonské Mitsubishi Heavy Industries

Atmea1 (PWR, 1150 MW)



Čínská CGN

HPR-1000 (PWR, 1060 MW)
1400MW blok



Francouzská EdF (přebírá výstavbu nových bloků od Arey)

EPR (PWR, 1650 MW)



Korejská KHNP

APR-1000+ (PWR, 1050 MW)
APR-1400 (PWR, 1400 MW)



Ruský Rosatom

VVER-1200 (PWR, 1200 MW)

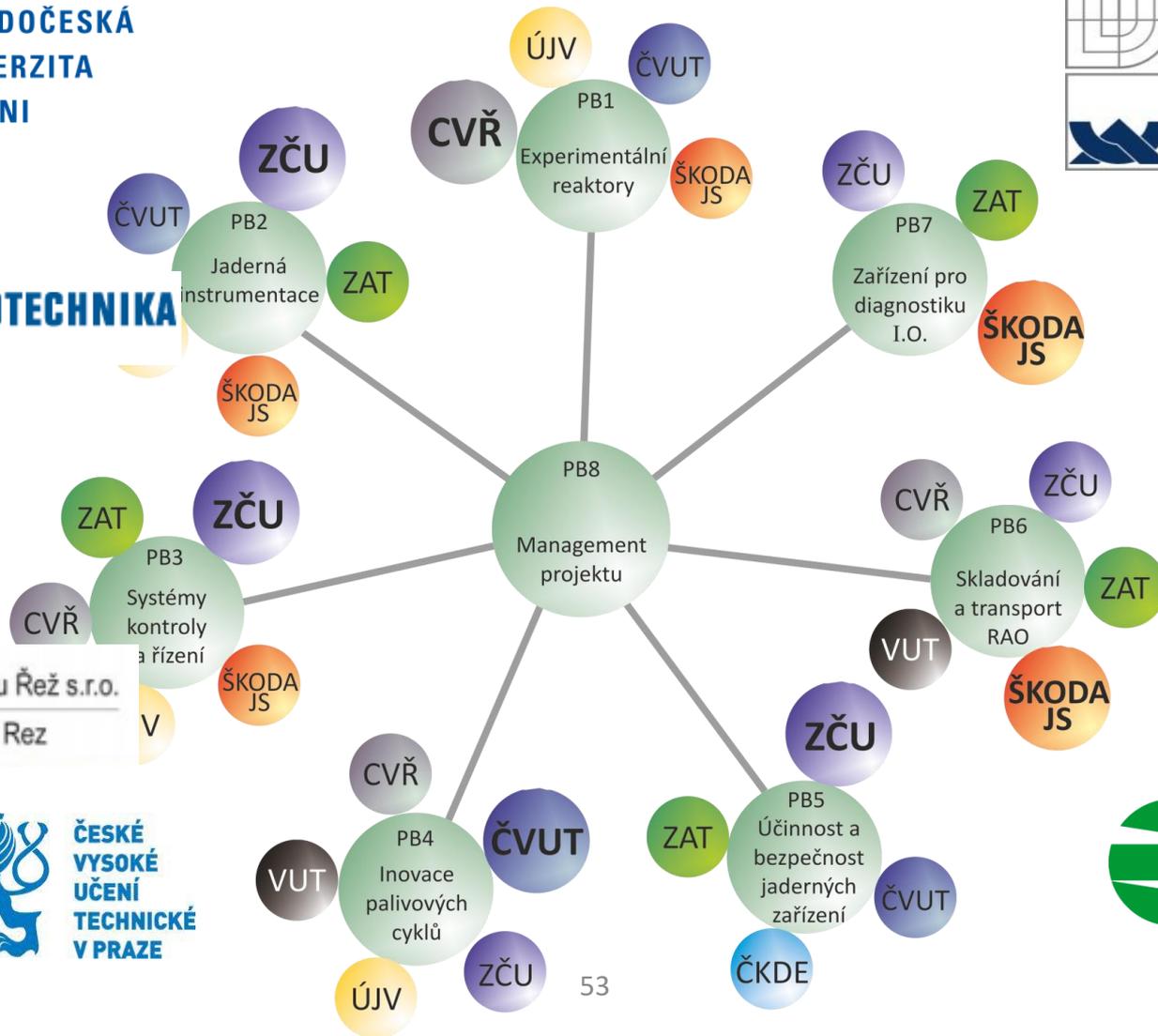
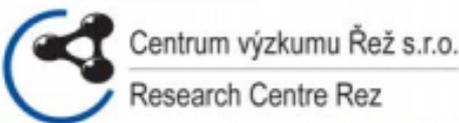
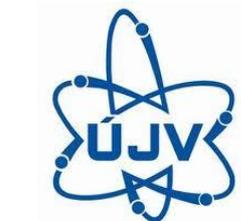


Americko-japonský Westinghouse

AP1000
(PWR, 1250 MW)



CANUT – Центр прогрессивных ядерных технологий





Сооружение ядерных энергетических установок

Energetika a zejména jaderná energetika je jedním z dynamicky se rozvíjejících oborů, kde se využívá stále více nových technologií, materiálů a konstrukcí. To se v současnosti a v budoucnosti neobejde bez účasti mladých odborníků, jejichž přípravě je nezbytné věnovat soustavnou pozornost.

Na přípravu kvalitních strojních inženýrů je zaměřena znovu otevřený studijní obor

„Stavba jaderně energetických zařízení“

na Západočeské univerzitě.





Экскурсия студентов ZČU/FST/ККЕ
На складе свежего топлива АЭС «Дукованы»



- Trainee program
- для студентов, обучающихся по программе подготовки магистров, специализация Сооружение атомных энергетических установок, Машиностроительный факультет, Западно-Чешский университет в г. Пльзень
- Вознаграждение за выполненную работу
 - по договорному тарифу (почасовая ставка)
- Стипендия
 - 5 000 чешских крон в месяц при условии средних оценок от 1,0 до 1,5 за предыдущий семестр или
 - 3 500 чешских крон в месяц при условии средних оценок от 1,51 до 1,9 за предыдущий семестр или
- На условиях, определенных индивидуальным договором о выполнении работы



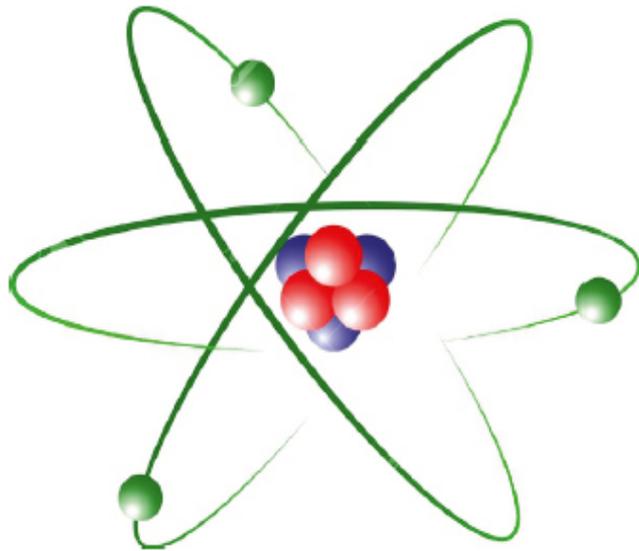
Ссылочная документация

- [01] TĚLESO TLAKOVÉ NÁDOBY, TECHNICKÝ POPIS A NÁVOD NA OBSLUHU, Ae 6358/Dok, Dokumentace ŠKODA, Plzeň, 2004
- [02] Dokumentace ŠKODA, Těleso tlakové nádoby – průvodní výkresy Ae 16643 T
Těleso tlakové nádoby – Volba základních rozměrů, Ae 4236/Dok, Plzeň, 1980
- [03] Tomáš I., MAGNETIC ADAPTIVE TESTING AS INDICATOR OF IRRADIATION DAMAGE OF FERROMAGNETIC STEEL, FI ČAV, Praha, Universal Network for Magnetic, Cardif 2007
- [04] Беркович В.Я., Семченков Ю.М.: Перспективные проекты реакторов ВВЭР, МНТК-2012, Москва 2012
- [05] Firemní materiály - ČEZ: Jaderná elektrárna Dukovany, Výukové materiály Školícího a výcvikového střediska
- [06] Brumovský M.: SURVEILLANCE SPECIMEN PROGRAMMES FOR WWER RPVs, IAEA Regional Workshop on Improved RPV Structural Integrity Assessment for NPP 18-21 October, 2005, Tecnatom S.A. Madrid, Spain
- [07] Analýza a návrh na změnu intervalu kontrol TNR zvenku na JE Dukovany, Ae 12009/Dok, Dokumentace ŠKODA, Plzeň, 2006
- [08] Prantl A.: Hlavní přírubový spoj VVER 440 EDU, Ae 12758/Dok, Dokumentace ŠKODA, Plzeň, 2008
- [09] Brumovský M.: RPV Design : Materials and Stressors, JRC EU Konference, Znojmo 10/2010, ČR
- [10] Brynda J.: Tlakové nádoby jaderných reaktorů, ÚJV Řež,
- [11] IAEA-TECDOC-1120, PWR pressure vessels, IAEA 10/1999
- [12] J. Zdebor, J. Brynda, R. Konop : Provozní stav tlakových nádob JE vyrobených ve ŠKODA JS Plzeň, 9. konference Zvyšování životnosti komponent energetických zařízení v elektrárnách, 21. – 23. 10. 2014, Srní



Благодарю за внимание!





JADERNÉ DNY 2017

20. 4. - 25. 5. 2017

NA ZČU V PLZNI

ZAJÍMÁ VÁS JADERNÁ ENERGIE?

Znáte energetické problémy
současnosti?

Chcete vědět, jak funguje
jaderný reaktor?

Je jaderná energie bezpečná?

Ekologická? Užitečná?
Zjistěte to sami!

Navštivte originální výstavu
v prostorách ZČU v Plzni.

MEZI EXPONÁTY UVIDÍTE:

Mlžnou komoru

Maketu palivové kazety
reaktoru VVER 1000

Modely reaktorů

Měřič radioaktivity

Modely kontejnerů
na použité palivo

Model hlubinného úložiště
a mnoho dalšího