



МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТОВ НА ПОРТАЛАХ ЗНАНИЙ

д.т.н., проф. Глоба Л. С., Новогрудская Р. Л.



Характерные особенности инженерных расчетных задач:

- декомпозиция общей задачи на подзадачи,
- иерархическая вложенность подзадач,
- использование одинаковых подзадач в разных общих задачах,
- зависимость этапов расчетной задачи от тематик, параметров или характеристик расчета,
- различная направленность расчетных задач.



Необходимо:

- Определить логику связности подрасчетов в общие расчеты.
- Задать способ соотнесения одинаковых подрасчетов к разным общим расчетам.
- Задать формальные описания элементов расчетов, на основании которых будет осуществляться процесс соединения расчетов.
- Выделить специфические объекты предметной области, которые станут базовыми элементами связности расчетов.



На портале **2 вида объектов:**

- Информационные элементы E^i – статические объекты не несущие функциональной нагрузки, которые сами по себе не являются процессом и не содержат последовательности взаимосвязанных работ.
- Вычислительные элементы Φ^z – динамически изменяемые, являющиеся процессом сами по себе.



Множество сложных $\Phi^{\exists o}$:

$$\Phi^{\exists o} \ni \phi_k^{\exists o}, \phi_k^{\exists o} = \langle T_k^o, p_{ki}^o \rangle,$$

где

- $\Phi^{\exists o}$ – множество общих функциональных элементов;
- $\phi_k^{\exists o}$ – k -й функц. эл. из множества общих функц. эл.;
- T_k^o – название k -го функц. эл. из множества общих функц. эл.
- p_{ki}^o – i -й параметр k -го функц. эл. из множества общих функц. эл.

Множество частичных $\Phi^{\exists \chi}$:

$$\Phi^{\exists \chi} \ni \phi_l^{\exists \chi}, \phi_l^{\exists \chi} = \langle T_l^{\chi}, p_{lq}^{\chi} \rangle,$$

- $\Phi^{\exists \chi}$ – множество частных функциональных элементов;
- $\phi_l^{\exists \chi}$ – l -й функц. эл. из множества частных функц. эл.;
- T_l^{χ} – название l -го функц. эл. из множества частных функц. эл.;
- p_{lq}^{χ} – q -й параметр l -го функц. эл. из множества частных функц. эл.

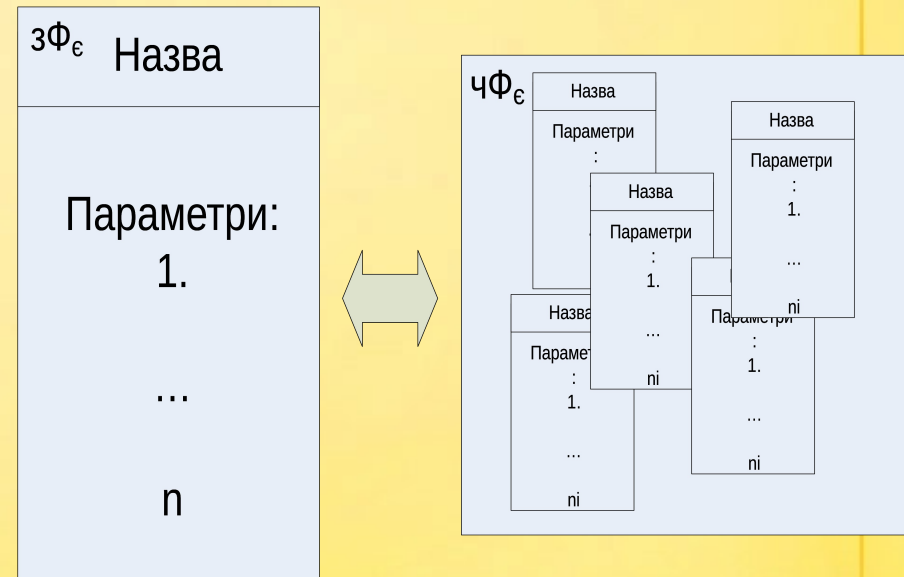


Метод формирования сложного инженерного расчета

Множества P_{ij} и P_{ij}^2 могут пересекаться и пересекаться, что отображается в части каждого блока. Если в параметрах или их отсутствие соответственно.

Необходимо:

- обеспечить формирование общего Φ^3 из частных на базе сравнения значений параметров Φ^3 ,
- дать возможность устанавливать порядок проведения вычислений общих Φ^3 «на лету».



Множество сложных и частных Φ^3



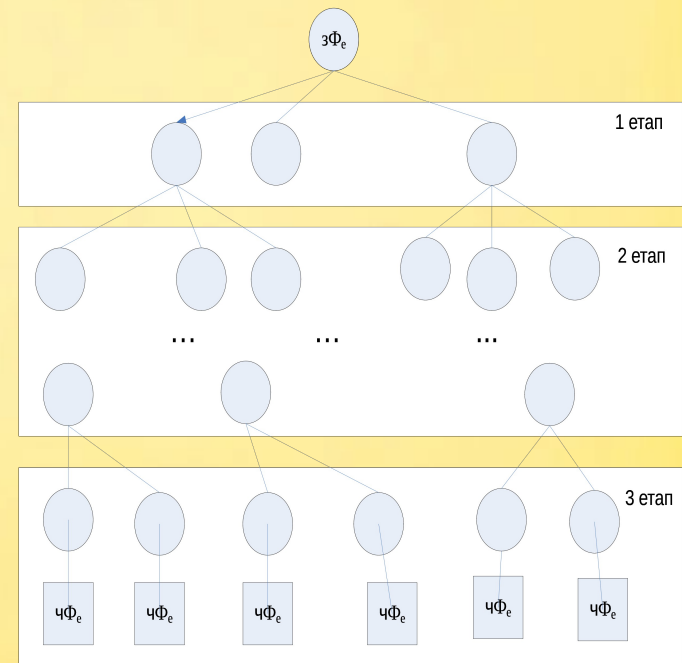
Метод формирования сложного инженерного расчета

Процесс формирования сложного Φ^3 представим с помощью дерева, что упростит процедуру модификации Φ^3 .

Полученное дерево —
упорядоченное (дерево с
корневым узлом и заданным
порядком прохождения дочерних
узлов)



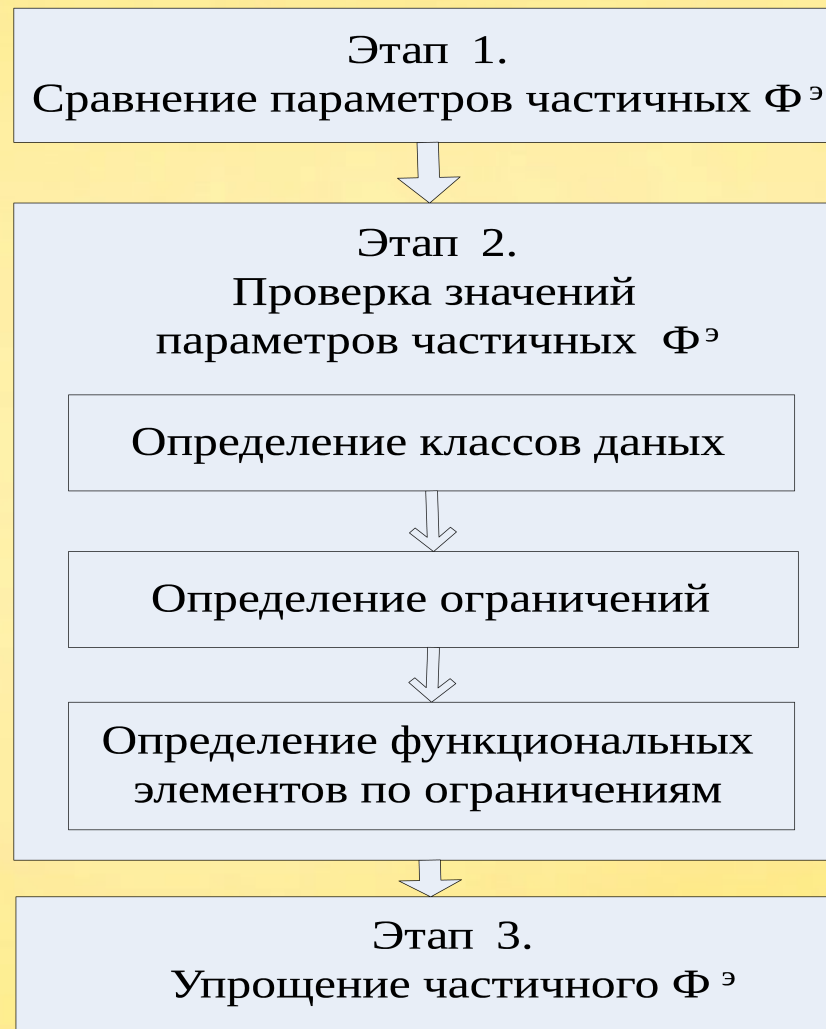
определить последовательность
выполнения частичных расчетов
динамически.



Дерево формирования сложного расчета



Метод формирования сложного инженерного расчета



Метод формирования сложного инженерного расчета



Метод формирования сложного инженерного расчета

Этапы метода:

Этап 1. На первом этапе происходит отбрасывание из множества Φ тех частинок функциональных элементов, в которых ни один p_{iq} не равен какому-либо p_{ki}^0 .

Этап 2. На этом этапе происходит сравнение значений p_{iq} функциональных элементов отобранных на этапе 1, для отсеечения подмножества функциональных элементов, которые имеют общие параметры, но множества их значений не пересекаются.

Этап 3. На этапе 3 проводится упрощение формулы частичного Φ^3 .



Пример формирования общего расчета

Структура описания общего расчета - «Расчет на прочность силовых элементов магнитных систем ИТЕР»

$\Phi_{1j}^{ao} \in \{T_{1j}^{ao}, \Phi_{1j}^{ao}\}$, $j = 1, n$, где
 T_{1j}^{ao} — «Расчет на прочность силовых элементов магнитных систем ИТЕР»,
 p_{11}^{ao} — нагруженное давление,
 p_{12}^{ao} — усредненная нагрузка,
 p_{13}^{ao} — базовая нагрузка,
 p_{14}^{ao} — радиус обмотки,
 p_{15}^{ao} — длина связи корпуса с обмоткой,
 p_{16}^{ao} — критическая длина,
 p_{17}^{ao} — максимальный нагруженный диаметр,
 p_{18}^{ao} — допустимый разрез,
 p_{19}^{ao} — критическое давление,
 p_{110}^{ao} — максимальное допустимое давление,
 p_{111}^{ao} — прочность обмотки,
 p_{112}^{ao} — константа уровня статичности,
 p_{113}^{ao} — усредненная общая мембранная нагрузка,
 p_{114}^{ao} — M — усредненная общая мембранная нагрузка.

Расчет на прочность силовых элементов магнитных систем ИТЕР

$a_1=10$
 $E_1=52$
 $E_2=48$
 $S_1=5$
 $c=10$
 $E^T=15$
 $D_m = \langle 10, \dots, 12 \rangle$
 $\xi=18$
 $\eta=20$
 $\varphi=5$
 $V=28$
 $d=44$
 $e=6$
 $M=12$



Пример формирования общего расчета

1-й этап: анализируем множество частных Φ^3 , выбираем из них те, параметры которых совпадают с параметрами Φ_1^3 по формуле:

$$P_1^3 = \bigcup_i^m P_i^3$$

Структура расчета основных параметров:

$\Phi_1^3 \in \{T_1^3, p_{1j}^3\}, j = 1, n$

T_1^3 «Расчет основных параметров»,

p_{11}^3 — d,

p_{12}^3 — e,

p_{13}^3 — M.

Расчет основных
параметров

D=44

E=6

M=12

Структура поверочного расчета:

$\Phi_2^3 \in \{T_2^3, p_{2j}^3\}, j = 1, n$

T_2^3 «Поверочный расчет»,

p_{21}^3 — a_1 ,

p_{22}^3 — E_2 ,

p_{23}^3 — E_1 ,

p_{24}^3 — S_1 ,

p_{25}^3 — c,

p_{26}^3 — E^T ,

p_{27}^3 — D_m ,

p_{28}^3 — ξ ,

p_{29}^3 — η ,

p_{210}^3 — ϕ ,

p_{211}^3 — v.

Поверочный расчет

$a_1=10$

$E_1=52$

$E_2=48$

$S_1=5$

c=10

$E^T=15$

$D_m = \langle 10, \dots, 12 \rangle$

$\xi=18$

$\eta=20$

$\phi=5$

v=28



Пример формирования общего расчета

Структура расчета на стойкость:

$$\Phi_1^c = \langle T_1^c, p_1^c \rangle,$$

T_1^c «Расчет на стойкость»,

$$p_{11}^c - a_1,$$

$$p_{12}^c - E_2,$$

$$p_{13}^c - E_1,$$

$$p_{14}^c - S_1,$$

$$p_{15}^c - c,$$

$$p_{16}^c - E^T,$$

$$p_{17}^c - D_m,$$

$$p_{18}^c - \xi.$$

Расчет на стойкость
$a_1=10$
$E_1=52$
$E_2=48$
$S_1=5$
$c=10$
$E^T=15$
$D_m = \langle 0, \dots, 15 \rangle$
$\xi=18$

Структура расчета на критическую постоянную:

$$\Phi_2^c = \langle T_2^c, p_2^c \rangle,$$

T_2^c «Расчет на критическую постоянную»,

$$p_{21}^c - a_1,$$

$$p_{22}^c - E_2,$$

$$p_{23}^c - E_1,$$

$$p_{24}^c - S_1,$$

$$p_{25}^c - c,$$

$$p_{26}^c - E^T,$$

$$p_{27}^c - D_m,$$

$$p_{28}^c - \xi.$$

Расчет на критическую постоянную
$a_1=10$
$E_1=52$
$E_2=48$
$S_1=5$
$c=10$
$E^T=15$
$D_m = \langle 15, \dots, 52 \rangle$
$\xi=18$

Структура расчета на статическую прочность:

$$\Phi_3^c = \langle T_3^c, p_3^c \rangle,$$

T_3^c «Расчет на статическую прочность»,

$$p_{31}^c - P_i,$$

$$p_{32}^c - \eta,$$

$$p_{33}^c - \phi,$$

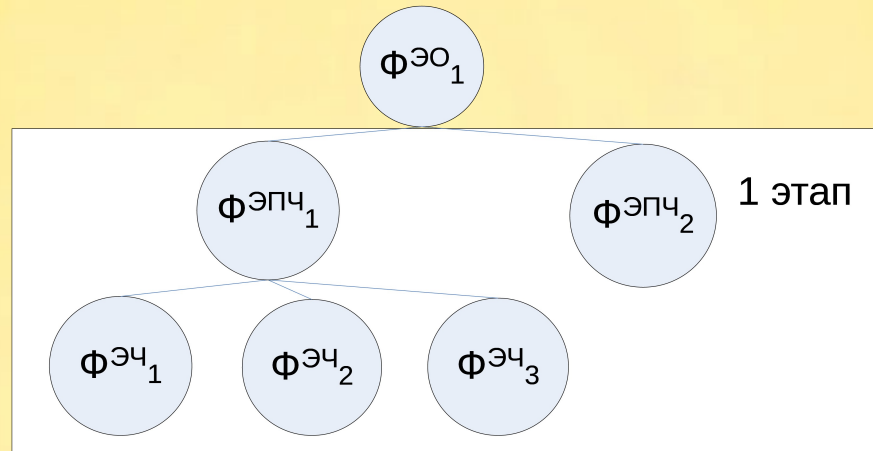
$$p_{34}^c - v.$$

Расчет на статическую прочность
$P_i=45$
$\eta=20$
$\phi=5$
$v=28$



Пример формирования общего расчета

Дерево общего Φ^{ε} :



Φ_1^0 Расчет на прочность силовых элементов магнитных систем ИТР.

$\Phi_1^{\text{пч}}$ Расчет основных параметров.

$\Phi_2^{\text{пч}}$ Проверочный расчет.

$\Phi_1^{\text{ч}}$ Расчет на стойкость.

$\Phi_2^{\text{ч}}$ Расчет на криптическую стойкость.

$\Phi_3^{\text{ч}}$ Расчет на статическую прочность.



Пример формирования общего расчета

2-й этап: сравниваем значения тех параметров частичных Φ_{α} , которые совпадают:

$$Mn(p_{ik}^3) < Mn(p_{jt}^4) \text{ и } Mn(p_{lp}^4),$$

при условии, что $p_{ik}^3 = p_{jt}^4 = p_{lp}^4$.

Параметр D_m выбираем на этапе расчетов:

- для расчета на прочность силовых элементов магнитных систем ИТЕР $D_m = \langle 10, \dots, 12 \rangle$,
- для поверочного расчета $D_m = \langle 10, \dots, 12 \rangle$,
- для расчета на стойкость $D_m = \langle 0, \dots, 15 \rangle$,
- для расчета на критическую постоянную $D_m = \langle 15, \dots, 52 \rangle$.



Пример формирования общего расчета

Сравнение:

$$Mn(p_{17}^0) \leftrightarrow Mn(p_{27}^{пч}) \leftrightarrow Mn(p_{17}^ч) \leftrightarrow Mn(p_{27}^ч).$$

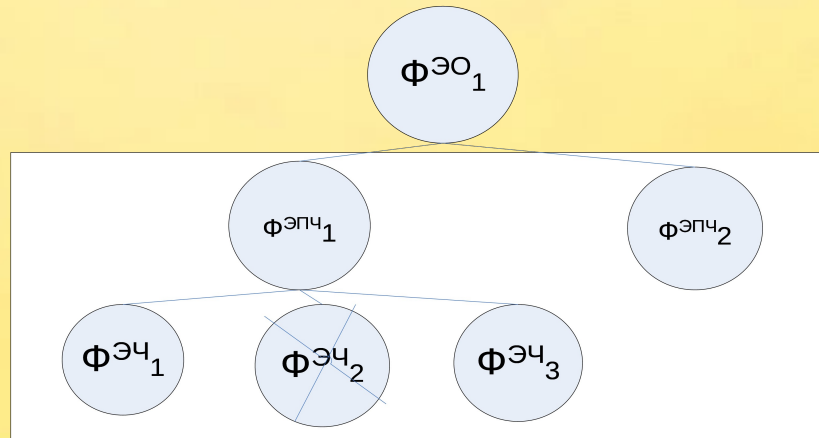
↓↓↓

$$Mn(p_{17}^0) = Mn(p_{27}^{пч}), Mn(p_{27}^{пч}), Mn(p_{17}^ч), Mn(p_{27}^{пч}) \neq Mn(p_{27}^ч).$$

↓↓↓

Исключение из подмножества частичных функциональных элементов (которая сформирована на 1ом этапе) функционального элемента «Расчет на критическую постоянную».

Дерево общего $\Phi^э$:





Эффективность использования метода

№	Название общего расчета	Общее количество частичных расчетов
1	Расчета на прочность силовых элементов магнитных систем ИТЕР	56
2	Расчет на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок	28
3	ITER Structural Design Criteria for magnetic components	33
4	Magnet DDD 1.1–1.3. Magnet System Design Criteria	48
5	Расчет на прочность элементов оборудования и трубопроводов корабельных атомных паропроизводящих установок с водяными реакторами	18

Общее время на проектирование расчетов тестовой группы при *статическом способе соединения* – 1004 ч.

Общее время на проектирование расчетов тестовой группы при с использованием *метода формирования сложного инженерного расчета* – 897 ч.



Эффективность использования метода

Время на проектирование расчетов тестовой группы



Использование метода формирования сложного инженерного расчета позволило сократить время на проектирование расчетной задачи на **11%**.



Разработан метод формирования сложного инженерного расчета в процессе его выполнения, который позволяет сочетать *частичные расчетные задачи портала инженерных знаний в общую расчетную задачу*, которая решается по запросу конечного пользователя.

Предложен способ представления процесса формирования общего функционального элемента в виде дерева, который дает возможность *устанавливать структуру общих функциональных элементов и повышает эффективность процесса их выполнения* за счет параллельной обработки независимых друг от друга ветвей дерева общего функционального элемента.



НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

Спасибо за внимание!