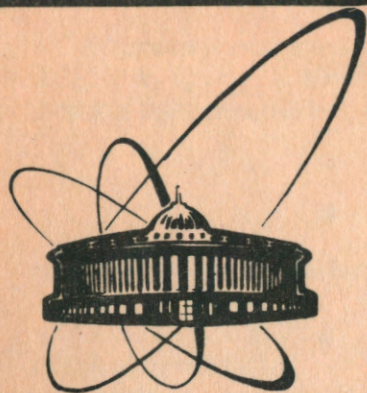


89-471



СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

A 62

P11-89-471

И. В. Амирханов, Е. П. Жидков, И. Е. Жидкова,  
В. А. Михайлов

УСРЕДНЕННЫЕ УРАВНЕНИЯ  
БЕТАТРОННЫХ КОЛЕБАНИЙ В ОКРЕСТНОСТИ  
РАЗНОСТНОГО РЕЗОНАНСА СВЯЗИ  
ВО ВТОРОМ ПРИБЛИЖЕНИИ  
ПО МЕТОДУ КРЫЛОВА - БОГОЛЮБОВА

1989



Амирханов И.В. и др.

P11-89-471

Усредненные уравнения бетатронных колебаний  
в окрестности разностного резонанса связи  
во втором приближении по методу Крылова - Боголюбова

Построены усредненные уравнения бетатронных колебаний  
в окрестности разностного резонанса связи  $\nu_z - \nu_x = 0$  для  
нуклотрона ОИЯИ во втором приближении по методу Крылова -  
Боголюбова с использованием системы аналитического прог-  
раммирования REDUCE-3.2. Получены достаточные условия  
существования устойчивых решений и сами решения в первом  
и во втором приближениях.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники  
и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1989

Перевод авторов

Amirkhanov I.V. et al.

P11-89-471

The Averaging Equations of Betatron  
Oscillations in the Vicinity of Coupling  
Difference Resonance in the Second Approximation  
of Krylov-Bogolubov Method

The averaging equations of betatron oscillations in  
the vicinity of the coupling difference resonance  $\nu_z - \nu_x =$   
 $= 0$  for JINR nuclotron in the second approximation of the  
Krylov-Bogolubov method with the help of REDUCE-3.2 ana-  
lytical system are generated. The sufficient conditions  
for the existence of stable solutions and the solutions  
in the first and in the second approximations are produ-  
ced.

The investigation has been performed at the Laboratory  
of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1989

Движение заряженной частицы в окрестности резонанса  $k_x \nu_x + k_z \nu_z = \nu$ , где  $k_x, k_z, \nu$  - целые, описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений <sup>/1,2/</sup>:

$$x'' + n_x(\theta)x = \varepsilon F_{x1} + \varepsilon^2 F_{x2} + \dots, \quad (1)$$

$$z'' + n_z(\theta)z = \varepsilon F_{z1} + \varepsilon^2 F_{z2} + \dots,$$

где  $n_x(\theta), n_z(\theta)$  - периодические по  $\theta$  функции,  $F_{xk}, F_{zk}$  ( $k = 1, 2, \dots$ ) - периодические по  $\theta$  функции и полиномы от  $x, x', z, z'$ ,  $\varepsilon$  - малый параметр, штрих означает дифференцирование по  $\theta$ .

Исследование такой задачи - очень трудоемкая работа даже в линейном приближении. Поэтому для нахождения области устойчивых решений можно воспользоваться методом усреднения Крылова-Боголюбова <sup>/3,4/</sup>, построив усредненные уравнения, которые либо интегрируются, либо позволяют исследовать движение на фазовой плоскости.

В настоящей работе для системы (1) построены усредненные по методу Крылова-Боголюбова уравнения во втором приближении (т.е. с точностью до членов порядка  $\varepsilon^2$  включительно) в окрестности резонанса

$$\nu_z - \nu_x = 0. \quad (2)$$

Результаты этой работы предназначены для моделирования поведения заряженной частицы в окрестности резонанса (2) в нуклотроне ОИЯИ. Эта проблема является весьма актуальной <sup>/8/</sup>, т.к. в ускорителях такого типа рабочая точка выбирается именно в окрестности разностного резонанса связи <sup>/9/</sup>.

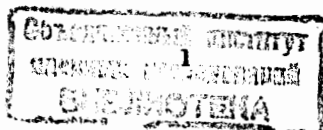
Правые части (1) имеют вид

$$F_{x1} = A_{11}(\theta)z + A_{12}(\theta)z^2 + A_{13}(\theta)xz + A_{14}(\theta)x^2 + A_{15}(\theta)(z')^2 + A_{16}(\theta)(x')^2,$$

$$F_{x2} = A_{21}(\theta)z^3 + A_{22}(\theta)xz^2 + A_{23}(\theta)zx^2 + A_{24}(\theta)x^3 + A_{25}(\theta)z(z')^2 + A_{26}(\theta)z(x')^2 + A_{27}(\theta)x(z')^2 + A_{28}(\theta)x(x')^2, \quad (3)$$

$$F_{z1} = B_{11}(\theta)x + B_{12}(\theta)z^2 + B_{13}(\theta)xz + B_{14}(\theta)x^2,$$

$$F_{z2} = B_{21}(\theta)z^3 + B_{22}(\theta)xz^2 + B_{23}(\theta)zx^2 + B_{24}(\theta)x^3 + B_{25}(\theta)z(z')^2 + B_{26}(\theta)z(x')^2 + B_{27}(\theta)x(z')^2 + B_{28}(\theta)x(x')^2,$$



где  $A_{kj}(\theta)$ ;  $B_{kj}(\theta)$  ( $k=1,2$ ;  $j=1,2,\dots,8$ ) — периодические по  $\theta$  функции.

Заметим, что в формулах (3) присутствуют дополнительные, по сравнению с аналогичными уравнениями в работе [7], члены, что позволяет учесть в дальнейшем в усредненных уравнениях вклад за счет резонансных компонент резонанса (2).

В окрестности резонанса  $k_x \dot{\nu}_x + k_z \dot{\nu}_z = q + \delta$ , где  $\delta \ll 1$

$$n_x(\theta) = n_{x0}(\theta) + \varepsilon \cdot \Delta_x \cdot q_x(\theta), \quad (4)$$

$$n_z(\theta) = n_{z0}(\theta) + \varepsilon \cdot \Delta_z \cdot q_z(\theta),$$

где  $\Delta_x$  ( $\Delta_z$ ) — расстройка (отклонение от идеального резонанса) и  $n_{x0}(\theta) = n_x(\theta)$  ( $n_{z0}(\theta) = n_z(\theta)$ ) точно в резонансе, т.е. при  $\Delta_x = 0$  (или  $\Delta_z = 0$ );  $q_x(\theta)$ ,  $q_z(\theta)$  — заранее заданные действительные функции, зависящие от начальных условий и от периодических по  $\theta$  функций  $f_x(\theta)$  (или  $f_z(\theta)$ , соответственно) — функций Флоке, которые связаны с решением однородного уравнения  $x'' + n_{x0}(\theta)x = 0$  (или  $z'' + n_{z0}(\theta)z = 0$ ) [1]. Введение расстройки  $\Delta_x$  позволяет в дальнейшем работать с резонансами вида  $k_x \dot{\nu}_x = q$ , считая  $\Delta_z = 0$ .

Вводя расстройку в систему (1), получаем

$$x'' + n_{x0}(\theta)x = \varepsilon (F_{x1} - \Delta_x \cdot q_x(\theta) \cdot x) + \varepsilon^2 F_{x2}, \quad (5)$$

$$z'' + n_{z0}(\theta)z = \varepsilon (F_{z1} - \Delta_z \cdot q_z(\theta) \cdot z) + \varepsilon^2 F_{z2}.$$

Для системы уравнений (5) рассматриваем задачу Коши:

$$x(\theta) \Big|_{\theta=0} = x_0, \quad x'(\theta) \Big|_{\theta=0} = x'_0, \quad (6)$$

$$z(\theta) \Big|_{\theta=0} = z_0, \quad z'(\theta) \Big|_{\theta=0} = z'_0,$$

где постоянные  $x_0$ ,  $x'_0$ ,  $z_0$ ,  $z'_0$  зависят от инжекции частиц в ускоритель.

Для задачи (5)–(6) с правыми частями (3) будем искать ограниченные решения методом усреднения во втором приближении в окрестности резонанса (2).

Усредненные уравнения были получены с помощью программ [6], реализованных на языке REDUCE [3, 2] и имеют вид

$$\begin{aligned} \dot{c}_1 &= S_{11} c_1 + S_{13} c_3 + S_{119} c_1^2 c_2 + S_{121} c_1^2 c_4 + S_{127} c_3^2 c_4 + \\ &+ S_{131} c_1 c_2 c_3 + S_{133} c_1 c_3 c_4, \\ \dot{c}_2 &= S_{22} c_2 + S_{24} c_4 + S_{222} c_1 c_2^2 + S_{223} c_2^2 c_3 + S_{230} c_3 c_4^2 + \\ &+ S_{232} c_1 c_2 c_4 + S_{234} c_2 c_3 c_4, \\ \dot{c}_3 &= S_{31} c_1 + S_{33} c_3 + S_{319} c_1^2 c_2 + S_{326} c_2 c_3^2 + S_{327} c_3^2 c_4 + \\ &+ S_{331} c_1 c_2 c_3 + S_{333} c_1 c_3 c_4, \\ \dot{c}_4 &= S_{42} c_2 + S_{44} c_4 + S_{422} c_1 c_2^2 + S_{428} c_1 c_4^2 + S_{430} c_3^2 c_4 + \\ &+ S_{432} c_1 c_2 c_4 + S_{434} c_2 c_3 c_4, \end{aligned} \quad (7)$$

где  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$ ,  $c_4$  — новые независимые комплексные переменные, не зависящие от  $\theta$ , и коэффициенты  $S_{kj}$  ( $k=1,2,3,4$ ;  $j=1,2,\dots,34$ ) — числовые комплексные коэффициенты, связанные с реальной магнитной структурой конкретного циклического ускорителя. Явный вид коэффициентов  $S_{kj}$  приведен в приложении.

Рассмотрим сначала систему (7) в первом приближении:

$$\dot{c}_1 = S_{13} c_3, \quad (8)$$

$$\dot{c}_2 = S_{24} c_4,$$

$$\dot{c}_3 = S_{31} c_1 + S_{33} c_3,$$

$$\dot{c}_4 = S_{42} c_2 + S_{44} c_4.$$

Если выполнено условие

$$\lambda^2 = -4 S_{13} S_{31} - S_{33}^2 > 0, \quad (9)$$

то решение системы (8) имеет вид

$$c_1 = K_3 + S_{13} \cdot \frac{4}{a^2 + \lambda^2} \cdot e^{-\frac{a}{2}\theta} \cdot \left\{ -\left(K_1 \frac{a}{2} + K_2 \frac{\lambda}{2}\right) \cos \frac{\lambda}{2} \theta + \left(K_1 \frac{\lambda}{2} - K_2 \frac{a}{2}\right) \sin \frac{\lambda}{2} \theta \right\} \Big|_{\theta_0}^{\theta}, \quad (10)$$

$$c_2 = K_3^* + S_{24} \cdot \frac{4}{a^2 + \lambda^2} \cdot e^{\frac{a}{2}\theta} \cdot \left\{ \left(K_1^* \frac{a}{2} - K_2^* \frac{\lambda}{2}\right) \cos \frac{\lambda}{2} \theta + \left(K_1^* \frac{\lambda}{2} + K_2^* \frac{a}{2}\right) \sin \frac{\lambda}{2} \theta \right\} \Big|_{\theta_0}^{\theta},$$

$$c_3 = e^{-\frac{a}{2}\theta} \left\{ K_1 \cos \frac{\lambda}{2} \theta + K_2 \sin \frac{\lambda}{2} \theta \right\},$$

$$c_4 = e^{\frac{a}{2}\theta} \left\{ K_1^* \cos \frac{\lambda}{2} \theta + K_2^* \sin \frac{\lambda}{2} \theta \right\},$$

где  $K_1, K_2, K_3$  - константы интегрирования, определяемые из начальных условий;  $S_{13} = S_{24}^*$  (см. приложение);  $c_3 = c_4^*$ ,  $c_1 = c_2^*$ ;  $\theta_0$  - начальное значение  $\theta$ ; \* - комплексное сопряжение.

$$K_1 = c_{30}, \quad K_2 = \frac{2}{\lambda} \left( \dot{c}_{30} + \frac{a}{2} c_{30} \right), \quad (11)$$

$$K_3 = c_{10} + S_{13} \frac{4}{a^2 + \lambda^2} \left[ \frac{a}{2} c_{30} - \frac{\lambda}{2} \left( \dot{c}_{30} + \frac{a}{2} c_{30} \right) \right],$$

$$c_{10} = c_1 \Big|_{\theta=0}, \quad c_{30} = c_3 \Big|_{\theta=0}, \quad \dot{c}_{30} = \dot{c}_3 \Big|_{\theta=0}$$

$$\text{и } Q = -S_{33}. \quad (12)$$

Константы  $c_{10}, c_{30}, \dot{c}_{30}$  - связаны с исходными начальными данными (6).

Рассмотрим, как ведут себя решения  $c_1, c_2, c_3, c_4$  из (10). Т.к.  $a$  - величина чисто мнимая (см. приложение), то

$c_1, c_2, c_3, c_4$  - осциллирующие функции, ограниченные значениями констант  $K_1, K_2, K_3$ , которые определяются условиями инжекции.

Таким образом, при выполнении условия (9) существует решение системы (8) вида (10), которое остается ограниченным при удачном задании начальных условий.

Рассмотрим теперь систему (8) в действительных переменных:

$$\begin{aligned} a'_x &= a_z (H_{11} \sin \varphi + H_{14} \cos \varphi), \\ a'_z &= a_x (H_{21} \sin \varphi + H_{24} \cos \varphi), \end{aligned} \quad (13)$$

$$\varphi' = \frac{1}{a_x a_z} \left\{ (H_{32} a_x^2 + H_{33} a_z^2) \sin \varphi + (H_{35} a_x^2 + H_{36} a_z^2 \cos \varphi) \right\} + H_{313},$$

где  $a_x, a_z$  - переменные; соответствующие амплитудам бетатронных колебаний по осям  $x, z$ ;  $\varphi = \psi_z - \psi_x$ , где  $\psi_z, \psi_x$  - переменные, соответствующие фазам. Действительные числовые коэффициенты  $H_{kj}$  определяются по формулам, приведенным в приложении.

Накладывая ограничения вида

$$1) \quad 2 |H_{11} + H_{14}| \leq \varepsilon^2 \quad (14)$$

$$2) \quad 2 |H_{14} + H_{24}| \leq \varepsilon^2,$$

строим первый интеграл системы (13):

$$a_x^2 + a_z^2 = \text{const} + O(\varepsilon^2), \quad (15)$$

что совпадает с результатами работы [1].

Интеграл движения показывает, что амплитуды бетатронных колебаний ограничены.

Перейдем ко второму приближению. Рассмотрим систему (7) в линейном приближении:

$$\dot{c}_1 = S_{11} c_1 + S_{13} c_3, \quad (16)$$

$$\dot{c}_2 = S_{22} c_2 + S_{24} c_4,$$

$$\dot{c}_3 = S_{31} c_1 + S_{33} c_3,$$

$$\dot{c}_4 = S_{42} c_2 + S_{44} c_4.$$

Если выполнено условие

$$\Lambda^2 = 4(S_{11}S_{33} - S_{13}S_{31}) - (S_{11} + S_{33})^2 > 0, \quad (I7)$$

то решение системы (I6) имеет вид

$$c_1 = K_3 + \frac{1}{S_{31}} \cdot \frac{4}{\alpha^2 + \Lambda^2} \cdot e^{-\frac{\alpha}{2}\theta} \cdot \left\{ -\left(C\frac{\alpha}{2} + S\frac{\Lambda}{2}\right) \cos\frac{\Lambda}{2}\theta + \left(C\frac{\Lambda}{2} - S\frac{\alpha}{2}\right) \sin\frac{\Lambda}{2}\theta \right\} \Big|_{\theta_0}, \quad (I8)$$

$$c_2 = K_3^* + \frac{1}{S_{32}} \cdot \frac{4}{(\alpha^*)^2 + \Lambda^2} \cdot e^{-\frac{\alpha^*}{2}\theta} \cdot \left\{ -\left(C^*\frac{\alpha^*}{2} + S^*\frac{\Lambda}{2}\right) \cos\frac{\Lambda}{2}\theta + \left(C^*\frac{\Lambda}{2} - S^*\frac{\alpha^*}{2}\right) \sin\frac{\Lambda}{2}\theta \right\} \Big|_{\theta_0},$$

$$c_3 = e^{-\frac{\alpha}{2}\theta} \left\{ K_1 \cos\frac{\Lambda}{2}\theta + K_2 \sin\frac{\Lambda}{2}\theta \right\},$$

$$c_4 = e^{-\frac{\alpha^*}{2}\theta} \left\{ K_1^* \cos\frac{\Lambda}{2}\theta + K_2^* \sin\frac{\Lambda}{2}\theta \right\}.$$

Здесь  $K_1, K_2, K_3$  - константы интегрирования, определенные из начальных условий

$$C = K_1 \left[ \left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 - \left(\frac{\Lambda}{2}\right)^2 \right] - 2K_2 \left(\frac{\alpha}{2} \cdot \frac{\Lambda}{2}\right) - S_{33} \left(K_2 \frac{\Lambda}{2} - K_1 \frac{\alpha}{2}\right), \quad (I9)$$

$$S = K_2 \left[ \left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 - \left(\frac{\Lambda}{2}\right)^2 \right] + 2K_1 \left(\frac{\alpha}{2} \cdot \frac{\Lambda}{2}\right) + S_{33} \left(K_2 \frac{\alpha}{2} + K_1 \frac{\Lambda}{2}\right);$$

$$S_{31} = S_{42}^* \quad (\text{см. приложение}) \text{ и}$$

$$\alpha = -S_{11} - S_{33}. \quad (20)$$

Поведение решения (I8) аналогично поведению решений (I0), т.е.

$c_1, c_2, c_3, c_4$  - осциллирующие функции, ограниченные значениями констант  $C, S$  и  $K_3$ , зависящих от начальных условий.

В действительных переменных система (7) имеет вид

$$\begin{aligned} a'_x &= a_z \left\{ (H_{11} + a_x^2 H_{12} + a_z^2 H_{13}) \sin \varphi + \right. \\ &\quad \left. + (H_{14} + a_x^2 H_{15} + a_z^2 H_{16}) \cos \varphi \right\} + \\ &\quad + a_x \left\{ H_{17} + a_x^2 H_{18} + a_z^2 H_{19} \right\}, \\ a'_z &= a_x \left\{ (H_{21} + a_x^2 H_{22} + a_z^2 H_{23}) \sin \varphi + \right. \\ &\quad \left. + (H_{24} + a_x^2 H_{25} + a_z^2 H_{26}) \cos \varphi \right\} + \\ &\quad + a_z \left\{ H_{27} + a_x^2 H_{28} + a_z^2 H_{29} \right\}, \\ \varphi' &= \frac{1}{a_x a_z} \left\{ \sin \varphi \left[ a_x^2 (H_{34} + a_x^2 H_{35}) + a_z^2 (H_{37} + a_z^2 H_{39}) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + a_x^2 a_z^2 H_{36} \right] + \cos \varphi \left[ a_x^2 (H_{313} + a_x^2 H_{314}) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + a_z^2 (H_{316} + a_z^2 H_{318}) + a_x^2 a_z^2 H_{315} \right] \right\} + \\ &\quad + \left\{ H_{319} + a_x^2 H_{320} + a_z^2 H_{321} \right\}, \end{aligned} \quad (21)$$

где формулы для вычисления числовых коэффициентов  $H_{kj}$  ( $k=1, 2, 3$ ;  $j=1, 2, \dots, 21$ ) приведены в приложении.

При выполнении достаточных условий

$$\begin{aligned} 1) \quad & 2 |H_{11} + H_{21}| \leq \varepsilon^3, \\ 2) \quad & 2 |H_{12} + H_{22}| \leq \varepsilon^3, \\ 3) \quad & 2 |H_{13} + H_{23}| \leq \varepsilon^3, \\ 4) \quad & 2 |H_{14} + H_{24}| \leq \varepsilon^3, \\ 5) \quad & 2 |H_{15} + H_{25}| \leq \varepsilon^3, \\ 6) \quad & 2 |H_{16} + H_{26}| \leq \varepsilon^3, \\ 7) \quad & 2 |H_{17} + H_{27}| \leq \varepsilon^3, \\ 8) \quad & 2 |H_{18} + H_{28}| \leq \varepsilon^3, \\ 9) \quad & 2 |H_{19} + H_{29}| \leq \varepsilon^3. \end{aligned} \quad (22)$$

первый интеграл системы (2I) имеет вид

$$a_x^2 + a_z^2 = Const + O(\varepsilon^3). \quad (23)$$

Таким образом, нами получены следующие результаты:

- а) получены в явном виде ограниченное решение (10) и первый интеграл движения (15) для системы (7) в первом приближении;
- б) получено в явном виде ограниченное решение (18) системы (7) с линейной правой частью во втором приближении;
- в) построен первый интеграл (23) для системы (7) во втором приближении.

Проводятся дальнейшие исследования полученных усредненных уравнений.

### ПРИЛОЖЕНИЯ

$S_{11}, \dots$  - коэффициенты  $S_{kj}$ ;  
 $FLX, FLXS, FLZ, FLZS$  - функции ФЛОКЕ  $f_x, f_x^*, f_z$  и  $f_z^*$  соответственно;  
 $DFLX, DFLXS, DFLZ, DFLZS$  - производные от этих функций ФЛОКЕ по  $\theta$ ,  
 т.е.  $f_x', (f_x^*)', f_z'$  и  $(f_z^*)'$ , соответственно;  
 $NX, NZ$  - частоты бетатронных колебаний  $\nu_x$  и  $\nu_z$ ;  
 $G_x, G_z$  - функции  $g_x(\theta), g_z(\theta)$ ;  
 $B_{10}$  - коэффициент, соответствующий расстройке  $\Delta_z \cdot A_{10} - \Delta_x$ ;  
 $I$  - мнимая единица.  
 Коэффициенты  $S_{kj}$ :

$$S_{11} := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot A_{11} \cdot FLXS) \cdot (NZS_{0,1} \cdot FLZS + NZ_{4,1} \cdot FLZ) / (2+I) \right\} d\theta,$$

$$S_{13} := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot NZS_{11,3} \cdot A_{11} \cdot FLZS \cdot FLXS - EPS \cdot A_{11} \cdot FLXS \cdot FLZ) / (2+I) \right\} d\theta,$$

$$S_{119} := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLXS \cdot (4+I) \cdot FLXS \cdot A_{16} \cdot DFLXS + NXS_{10,11} \cdot NX + 2 \cdot I \cdot FLXS \cdot A_{16} \cdot DFLX + NXS_{12,5} \cdot NX + 2 \cdot I \cdot FLXS \cdot A_{16} \cdot DFLX + NX_{8,11} \cdot NX - 2 \cdot I \cdot A_{28} \cdot DFLXS \cdot NX \cdot FLX^2 - 2 \cdot I \cdot A_{16} \cdot DFLXS \cdot NX_{12,5} \cdot NX \cdot FLX - 2 \cdot I \cdot A_{16} \cdot DFLXS \cdot NX_{8,11} \cdot NX \cdot FLX - 4 \cdot I \cdot A_{16} \cdot NX_{12,5} \cdot DFLX \cdot NX \cdot FLX - FLZS \cdot FLXS \cdot A_{13} \cdot NZS_{2,11} - FLZS \cdot A_{13} \cdot NZS_{8,5} \cdot FLX - 2 \cdot FLXS^2 \cdot A_{14} \cdot NXS_{10,11} + 2 \cdot FLXS^2 \cdot A_{16} \cdot NXS_{10,11} \cdot NX^2 - FLXS \cdot FLZ \cdot A_{13} \cdot NZ_{1,11} - FLXS \cdot A_{28} \cdot DFLX^2 - FLXS \cdot A_{28} \cdot NX^2 \cdot FLX^2 - 3 \cdot FLXS \cdot A_{24} \cdot FLX^2 - 2 \cdot FLXS \cdot A_{14} \cdot NXS_{12,5} \cdot FLX - 2 \cdot FLXS \cdot A_{14} \cdot NX_{8,11} \cdot FLX - 2 \cdot$$

### Приложения (продолжение)

$$S_{121} := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLXS \cdot (4+I) \cdot FLZS \cdot DFLZS + A_{15} \cdot NZ \cdot NZS_{2,11} + 2 \cdot I \cdot FLZS \cdot DFLZ \cdot A_{13} \cdot NZ + NZ_{1,11} - 2 \cdot I \cdot FLZS \cdot A_{26} \cdot DFLX \cdot NX \cdot FLX + 2 \cdot I \cdot FLZS \cdot A_{16} \cdot NXS_{1,7} \cdot DFLX \cdot NX - 2 \cdot I \cdot FLZ \cdot DFLZS \cdot A_{13} \cdot NZ + NZ_{1,11} - 4 \cdot I \cdot NX_{11,7} \cdot A_{16} \cdot DFLX \cdot NX \cdot FLX - 2 \cdot I \cdot A_{16} \cdot NXS_{1,7} \cdot DFLX \cdot NX \cdot FLX - 2 \cdot FLZS^2 \cdot A_{12} \cdot NZS_{2,11} + 2 \cdot FLZS^2 \cdot A_{15} \cdot NZ^2 + NZS_{2,11} - FLZS \cdot FLXS \cdot A_{13} \cdot NXS_{10,11} - 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot A_{12} \cdot NZ_{1,11} - 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot A_{15} \cdot NZ^2 + NZ_{1,11} - FLZS \cdot A_{23} \cdot FLX^2 - FLZS \cdot NZS_{1,7} \cdot A_{13} \cdot FLX - FLZS \cdot A_{26} \cdot DFLX^2 + FLZS \cdot A_{26} \cdot NX^2 \cdot FLX^2 - FLZS \cdot A_{13} \cdot NX_{8,11} \cdot FLX - 2 \cdot FLXS \cdot A_{14} \cdot NXS_{1,7} \cdot FLX - 2 \cdot FLXS \cdot A_{16} \cdot NXS_{1,7} \cdot NX^2 \cdot FLX - FLZ \cdot A_{13} \cdot NZS_{7,7} \cdot FLX - 2 \cdot DFLZS^2 \cdot A_{15} \cdot NZS_{2,11} - 2 \cdot DFLZS \cdot DFLZ \cdot A_{13} \cdot NZ_{1,11} - 2 \cdot NX_{11,7} \cdot A_{16} \cdot NX^2 \cdot FLX^2 - 2 \cdot NX_{11,7} \cdot A_{16} \cdot DFLX^2 + 2 \cdot NX_{11,7} \cdot A_{16} \cdot NX^2 \cdot FLX^2 - 2 \cdot A_{16} \cdot NXS_{1,7} \cdot DFLXS \cdot DFLX) / (2+I) \right\} d\theta,$$

$$S_{127} := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLXS \cdot (4+I) \cdot FLZ) \cdot (NZS_{12,13} \cdot DFLZS \cdot A_{15} \cdot NZ + 2 \cdot I \cdot FLZS \cdot NZ_{7,13} \cdot DFLZ \cdot A_{15} \cdot NZ + 2 \cdot I \cdot FLZS \cdot NZS_{8,10} \cdot DFLZ \cdot A_{15} \cdot NZ - 2 \cdot I \cdot FLZ^2 \cdot A_{25} \cdot DFLZS \cdot NZ - 2 \cdot I \cdot FLZ \cdot NZ_{7,13} \cdot DFLZS \cdot A_{15} \cdot NZ - 2 \cdot I \cdot FLZ \cdot NZS_{8,10} \cdot DFLZS \cdot A_{15} \cdot NZ - 4 \cdot I \cdot FLZ \cdot NZ_{8,10} \cdot DFLZ \cdot A_{15} \cdot NZ - 2 \cdot FLZS^2 \cdot NZS_{12,13} \cdot A_{12} + 2 \cdot FLZS^2 \cdot NZS_{12,13} \cdot A_{15} \cdot NZ^2 - FLZS \cdot FLXS \cdot NXS_{5,13} \cdot A_{13} - 3 \cdot FLZS \cdot FLZ^2 \cdot A_{21} - FLZS \cdot FLZ^2 \cdot A_{25} \cdot NZ^2 - 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot NZ_{7,13} \cdot A_{12} - 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot NZ_{7,13} \cdot A_{15} \cdot NZ^2 - 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot NZS_{8,10} \cdot$$



Приложения (продолжение)

$$\begin{aligned}
 &+A12 - 2*FLZS*FLZ*NZS8,10*A15*N7^2 - FLZS* \\
 &NX3,13*A13*FLX - FLZS*A25*DFLZ^2 - FLXS*FLZ* \\
 &NXS12,10*A13 - 2*FLZ^2*NZ8,10*A12 + 2*FLZ^2* \\
 &NZ8,10*A15*N4^2 - FLZ*NX12,10*A13*FLX - 2*FLZ* \\
 &A25*DFLZS*DFLZ - 2*NZS12,13*DFLZS^2*A15 - 2* \\
 &NZ7,13*DFLZS*DFLZ*A15 - 2*NZS8,10*DFLZS*DFLZ*
 \end{aligned}$$

$$S_{131} := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 + FLXS*(2*I+FLZS*DFLZ*A15*NZ*NZS8,5 + 3*I* \\
 FLXS*FLZ*A26*DFLX*NX + 2*I*FLXS*NXS11,8*A16* \\
 DFLX*NX + 2*I*FLXS*NX7,6*A16*DFLX*NX + 4*I* \\
 FLXS*NXS2,6*A16*DFLX*NX - 2*I*FLZ*DFLZS*A15* \\
 NZ*NZS8,5 - 4*I*FLZ*DFLZ*A15*NZ*NZ8,5 - 2*I* \\
 FLZ*A26*DFLX*NX*FLX - 4*I*NX1,8*A16*DFLX*NX* \\
 FLX - 2*I*NXS11,8*A16*DFLZS*NX*FLX - 2*I* \\
 NX7,6*A16*DFLXS*NX*FLX - FLZS*FLXS*NZS5,6*A13 \\
 - 2*FLZS*FLZ*A12*NZS8,5 - 2*FLZS*FLZ*A15*NZ^2 \\
 *NZS8,5 - FLZS*IZS3,8*A13*FLX - 2*FLXS^2* \\
 NXS2,6*A14 + 2*FLXS^2*NXS2,6*A16*NX^2 - FLXS* \\
 FLZ*NZ9,6*A13 - 2*FLXS*FLZ*A23*FLX - 2*FLXS* \\
 FLZ*A26*NX^2*FLX - FLXS*FLZ*A13*NXS12,5 - 2* \\
 FLXS*IXS11,9*A14*FLX - 2*FLXS*NXS11,8*A16*NX^2 \\
 *FLX - 2*FLXS*NX7,6*A14*FLX - 2*FLXS*NX7,6* \\
 A16*NX^2*FLX - 2*FLZ^2*A12*IZ8,5 + 2*FLZ^2*A15* \\
 NZ^2*NZ8,5 - FLZ*IZ10,8*A13*FLX - 2*FLZ*A26* \\
 DFLXS*DFLZ - FLZ*A13*NX12,5*FLX - 2*NX1,8*A14 \\
 *FLX^2 - 2*NX1,8*A16*DFLX^2 + 2*NX1,8*A16*NX^2* \\
 FLX^2 - 2*IXS11,9*A16*DFLXS*DFLZ - 2*NX7,6*A16 \\
 *DFLXS*DFLX - 2*IXS2,6*A16*DFLXS^2 - 2*DFLZS* \\
 DFLZ*A15*IZS6,5 - 2*DFLZ^2*A15*NZ8,5) / (2*I) \} d\theta,$$

$$S_{133} := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 + FLXS*(2*I+FLZS*A27*DFLZ*NZ*FLX + 4*I*FLZS* \\
 NZS5,6*DFLZS*A15*IZ + 2*I*FLZS*NZ9,6*DFLZ*A15 \\
 *IZ + 2*I*FLZS*DFLZ*NZS10,7*A15*NZ + 2*I*FLXS$$

Приложения (продолжение)

$$\begin{aligned}
 &NXS12,10*A16*DFLX*NX - 2*I*FLZ*A27*DFLZS*NZ* \\
 &FLX - 2*I*FLZ*NZ9,6*DFLZS*A15*NZ - 2*I*FLZ* \\
 &DFLZS*NZS10,7*A15*NZ - 4*I*FLZ*DFLZ*NZ3,7*A15 \\
 &*IZ - 4*I*NX12,10*A16*DFLX*NX*FLX - 2*I*
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &NXS12,10*A16*DFLXS*NX*FLX - 2*FLZS^2*NZS5,6* \\
 &A12 + 2*FLZS^2*NZS5,6*A15*IZ^2 - FLZS*FLXS* \\
 &NXS2,6*A13 - 2*FLZS*FLZ*A27*NZ^2*FLX - 2*FLZS* \\
 &FLZ*A22*FLX - 2*FLZS*FLZ*IZ9,6*A12 - 2*FLZS* \\
 &FLZ*NZ9,6*A15*NZ^2 - 2*FLZS*FLZ*NZS10,7*A12 - \\
 &2*FLZS*FLZ*NZS10,7*A15*NZ^2 - FLZS*NX7,6*A13* \\
 &FLX - FLZS*NZS8,10*A13*FLX - FLXS*FLZ*NXS1,7* \\
 &A13 - 2*FLXS*NXS12,10*A14*FLX - 2*FLXS* \\
 &NXS12,10*A16*NX^2*FLX - 2*FLZ^2*NZ3,7*A12 + 2* \\
 &FLZ^2*IZ3,7*A15*IZ^2 - FLZ*IZ8,10*A13*FLX - FLZ \\
 &*IX11,7*A13*FLX - 2*A27*DFLZS*DFLZ*FLX - 2* \\
 &NZS5,6*DFLZS^2*A15 - 2*NZ9,6*DFLZS*DFLZ*A15 - \\
 &2*NX12,10*A14*FLX^2 - 2*NX12,10*A16*DFLX^2 + 2* \\
 &NX12,10*A16*NX^2*FLX^2 - 2*NXS12,10*A16*DFLXS* \\
 &DFLX - 2*DFLZS*DFLZ*NZS10,7*A15 - 2*DFLZ^2* \\
 &NZ3,7*A15) / (2*I) \} d\theta,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{22} &:= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 + A11*FLX*(FLZS*IZS6,2 + FLZ*NZ6,2)) / (2*I) \right\} d\theta, \\
 S_{24} &:= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 + A11*FLZ*IZ11,4*FLX + EPS*A11*FLZS*FLX) / (2*I) \right\} d\theta, \\
 S_{222} &:= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 + FLX*( - 2*I*FLXS^2*A28*DFLX*NX - 2*I*FLXS* \\
 &NXS8,12*A16*DFLX*NX - 4*I*FLXS*A16*DFLXS* \\
 &NXS12,5*NX - 2*I*FLXS*A16*NX12,5*DFLX*NX + 4* \\
 &I*NX10,12*A16*DFLX*NX*FLX + 2*I*NXS8,12*A16* \\
 &DFLXS*NX*FLX + 2*I*A16*DFLXS*NX12,5*NX*FLX + \\
 &FLZS*FLXS*A15*NZS8,5 + FLZS*NZS1,12*A13*FLX \\
 &+ FLXS^2*A28*NX^2*FLX + 3*FLXS^2*A24*FLX + 2* \\
 &FLXS^2*A14*NXS12,5 - 2*FLXS^2*A16*NXS12,5*NX^2 \\
 &+ FLXS*FLZ*A13*NZ8,5 + 2*FLXS*A28*DFLXS*DFLX \\
 &+ 2*FLXS*NXS8,12*A14*FLX + 2*FLXS*NXS8,12*
 \end{aligned}$$



Приложения (продолжение)

$$\begin{aligned}
 & 416 \cdot N_X^2 \cdot FLX + 2 \cdot FLXS \cdot A14 \cdot NX12,5 \cdot FLX + 2 \cdot FLXS \cdot \\
 & 416 \cdot NX12,5 \cdot NX^2 \cdot FLX + FLZ \cdot NZ2,12 \cdot A13 \cdot FLX + A23 \\
 & \cdot DFLXS^2 \cdot FLX + 2 \cdot NX10,12 \cdot A14 \cdot FLX^2 + 2 \cdot NX10,12 \cdot \\
 & A16 \cdot DFLX^2 - 2 \cdot NX10,12 \cdot A16 \cdot NX^2 \cdot FLX^2 + 2 \cdot \\
 & NX8,12 \cdot A16 \cdot DFLXS \cdot DFLX + 2 \cdot A16 \cdot DFLXS^2 \cdot NX12,5 \\
 & + 2 \cdot A16 \cdot DFLXS \cdot NX12,5 \cdot DFLX \Big) / (2 \cdot I) \Big] d\theta, \\
 S_{223} := & \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLX \cdot (-2 \cdot I \cdot FLZ3 \cdot NZS1,12 \cdot DFLZ \cdot A15 \cdot NZ - 2 \cdot I \cdot \\
 & FLXS \cdot FLZ \cdot A20 \cdot DFLX3 \cdot NX - 2 \cdot I \cdot FLXS \cdot NX1,8 \cdot A16 \cdot \\
 & DFLX \cdot NX - 4 \cdot I \cdot FLX3 \cdot NX11,8 \cdot A16 \cdot DFLXS \cdot NX + 2 \cdot I \\
 & \cdot FLZ \cdot NZS1,12 \cdot A15 \cdot NZ \cdot DFLXS + 4 \cdot I \cdot FLZ \cdot NZ2,12 \cdot \\
 & DFLZ \cdot A15 \cdot NZ + 2 \cdot I \cdot NX1,8 \cdot A16 \cdot DFLXS \cdot NX \cdot FLX + \\
 & FLZS \cdot FLX3 \cdot NZS3,8 \cdot A13 + 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot NZS1,12 \cdot A12 \\
 & + 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot NZS1,12 \cdot A15 \cdot NZ^2 + FLXS^2 \cdot FLZ \cdot A23 \\
 & - FLXS^2 \cdot FLZ \cdot A24 \cdot NX^2 + 2 \cdot FLXS^2 \cdot NX11,8 \cdot A14 - \\
 & 2 \cdot FLXS^2 \cdot NX11,8 \cdot A16 \cdot NX^2 + FLXS \cdot FLZ \cdot NX8,12 \cdot \\
 & A13 + FLXS \cdot FLZ \cdot NZ10,8 \cdot A13 + 2 \cdot FLXS \cdot NX1,8 \cdot A14 \cdot \\
 & FLX + 2 \cdot FLXS \cdot NX1,8 \cdot A16 \cdot NX^2 \cdot FLX + 2 \cdot FLZ^2 \cdot \\
 & NZ2,12 \cdot A12 - 2 \cdot FLZ^2 \cdot NZ2,12 \cdot A15 \cdot NZ^2 + FLZ \cdot \\
 & NX10,12 \cdot A13 \cdot FLX + FLZ \cdot A26 \cdot DFLXS^2 + 2 \cdot NZS1,12 \cdot \\
 & DFLZ \cdot A15 \cdot DFLXS + 2 \cdot NZ2,12 \cdot DFLZ^2 \cdot A15 + 2 \cdot NX1,8 \\
 & \cdot A16 \cdot DFLXS \cdot DFLX + 2 \cdot NX11,8 \cdot A16 \cdot DFLXS^2) / (2 \cdot I) \Big] d\theta, \\
 S_{230} := & \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLX \cdot (-2 \cdot I \cdot FLZS^2 \cdot A25 \cdot DFLZ \cdot NZ - 2 \cdot I \cdot FLZS \cdot \\
 & NZS7,14 \cdot DFLZ \cdot A15 \cdot NZ - 4 \cdot I \cdot FLZS \cdot NZS8,10 \cdot A15 \cdot NZ \\
 & \cdot DFLXS - 2 \cdot I \cdot FLZS \cdot NZ8,10 \cdot DFLZ \cdot A15 \cdot NZ + 2 \cdot I \cdot \\
 & FLZ \cdot NZS7,14 \cdot A15 \cdot NZ \cdot DFLXS + 4 \cdot I \cdot FLZ \cdot NZ2,14 \cdot \\
 & DFLZ \cdot A15 \cdot NZ + 2 \cdot I \cdot FLZ \cdot NZ8,10 \cdot A15 \cdot NZ \cdot DFLXS + 3 \\
 & \cdot FLZS^2 \cdot FLZ \cdot A21 + FLZS^2 \cdot FLZ \cdot A25 \cdot NZ^2 + 2 \cdot FLZS^2 \cdot \\
 & NZS8,10 \cdot A12 - 2 \cdot FLZS^2 \cdot NZS8,10 \cdot A15 \cdot NZ^2 + FLZS \cdot \\
 & FLXS \cdot NX12,10 \cdot A13 + 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot NZS7,14 \cdot A12 + \\
 & 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot NZS7,14 \cdot A15 \cdot NZ^2 + 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot \\
 & NZ8,10 \cdot A12 + 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot NZ8,10 \cdot A15 \cdot NZ^2 + FLZS \\
 & \cdot NX12,10 \cdot A13 \cdot FLX + 2 \cdot FLZS \cdot A25 \cdot DFLZ \cdot DFLXS +
 \end{aligned}$$

Приложения (продолжение)

$$\begin{aligned}
 & FLXS \cdot FLZ \cdot NX3,14 \cdot A13 + 2 \cdot FLZ^2 \cdot NZ12,14 \cdot A12 - 2 \\
 & \cdot FLZ^2 \cdot NZ12,14 \cdot A15 \cdot NZ^2 + FLZ \cdot NX5,14 \cdot A13 \cdot FLX + \\
 & FLZ \cdot A25 \cdot DFLXS^2 + 2 \cdot NZS7,14 \cdot DFLZ \cdot A15 \cdot DFLXS + 2 \\
 & \cdot NZ12,14 \cdot DFLZ^2 \cdot A15 + 2 \cdot NZS8,10 \cdot A15 \cdot DFLXS^2 + 2 \\
 & \cdot NZ8,10 \cdot DFLZ \cdot A13 \cdot DFLXS) / (2 \cdot I) \Big] d\theta, \\
 S_{232} := & \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLX \cdot (-2 \cdot I \cdot FLZ3 \cdot FLXS \cdot A16 \cdot DFLX \cdot NX - 2 \cdot I \cdot \\
 & FLZS \cdot DFLZ \cdot A15 \cdot NZ \cdot NZ3,5 + 2 \cdot I \cdot FLZS \cdot A26 \cdot DFLXS \cdot \\
 & NX \cdot FLX - 4 \cdot I \cdot FLZ3 \cdot A15 \cdot NZ \cdot DFLXS \cdot NZS8,5 - 2 \cdot I \cdot \\
 & FLXS \cdot NX8,9 \cdot A16 \cdot DFLX \cdot NX - 2 \cdot I \cdot FLXS \cdot NX1,7 \cdot A16 \\
 & \cdot DFLX \cdot NX - 4 \cdot I \cdot FLXS \cdot A16 \cdot NX1,7 \cdot DFLXS \cdot NX + 2 \cdot I \\
 & \cdot FLZ \cdot A15 \cdot NZ \cdot DFLXS \cdot NZ8,5 + 4 \cdot I \cdot NX2,9 \cdot A16 \cdot DFLX \cdot \\
 & NX \cdot FLX + 2 \cdot I \cdot NX8,9 \cdot A16 \cdot DFLXS \cdot NX \cdot FLX + 2 \cdot I \cdot \\
 & NX11,7 \cdot A13 \cdot DFLX3 \cdot NX \cdot FLX + 2 \cdot FLZS^2 \cdot A12 \cdot NZS8,5 \\
 & - 2 \cdot FLZS^2 \cdot A15 \cdot NZ^2 \cdot NZS8,5 + 2 \cdot FLZS \cdot FLXS \cdot A23 \cdot \\
 & FLX + FLZS \cdot FLXS \cdot NZS10,7 \cdot A13 + 2 \cdot FLZS \cdot FLXS \cdot A26 \\
 & \cdot NX^2 \cdot FLX + FLZS \cdot FLXS \cdot A13 \cdot NX12,5 + 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \\
 & \cdot A12 \cdot NZ8,5 + 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot A15 \cdot NZ^2 \cdot NZ8,5 + FLZS \cdot \\
 & NZS9,9 \cdot A13 \cdot FLX + 2 \cdot FLZS \cdot A26 \cdot DFLXS \cdot DFLX + FLZS \\
 & \cdot A13 \cdot NX12,5 \cdot FLX + 2 \cdot FLXS^2 \cdot A14 \cdot NX1,7 - 2 \cdot \\
 & FLXS^2 \cdot A16 \cdot NX1,7 \cdot NX^2 + FLXS \cdot FLZ \cdot A13 \cdot NZ3,7 + 2 \\
 & \cdot FLXS \cdot NX8,9 \cdot A14 \cdot FLX + 2 \cdot FLXS \cdot NX8,9 \cdot A16 \cdot NX^2 \cdot \\
 & FLX + 2 \cdot FLXS \cdot NX11,7 \cdot A14 \cdot FLX + 2 \cdot FLXS \cdot NX11,7 \cdot \\
 & A16 \cdot NX^2 \cdot FLX + FLZ \cdot NZ8,9 \cdot A13 \cdot FLX + 2 \cdot NX2,9 \cdot A14 \\
 & \cdot FLX^2 + 2 \cdot NX2,9 \cdot A16 \cdot DFLX^2 - 2 \cdot NX2,9 \cdot A16 \cdot NX^2 \cdot \\
 & FLX^2 + 2 \cdot NX8,9 \cdot A16 \cdot DFLXS \cdot DFLX + 2 \cdot DFLZ \cdot A15 \cdot \\
 & DFLXS \cdot NZ8,5 + 2 \cdot NX11,7 \cdot A16 \cdot DFLXS \cdot DFLX + 2 \cdot A16 \\
 & \cdot NX1,7 \cdot DFLXS^2 + 2 \cdot A15 \cdot DFLXS^2 \cdot NZS8,5) / (2 \cdot I) \Big] d\theta, \\
 S_{234} := & \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLX \cdot (-2 \cdot I \cdot FLZ3 \cdot FLXS \cdot A17 \cdot DFLZ \cdot NZ - 2 \cdot I \cdot \\
 & FLZS \cdot NZS9,9 \cdot DFLZ \cdot A15 \cdot NZ - 4 \cdot I \cdot FLZS \cdot NZS3,8 \cdot A15 \\
 & \cdot NZ \cdot DFLXS - 2 \cdot I \cdot FLZS \cdot NZ10,8 \cdot DFLZ \cdot A15 \cdot NZ + 2 \cdot I \\
 & \cdot FLXS \cdot FLZ \cdot A27 \cdot NZ \cdot DFLXS - 2 \cdot I \cdot FLXS \cdot NX12,10 \cdot A16 \\
 & \cdot DFLX \cdot NX - 4 \cdot I \cdot FLXS \cdot NX12,10 \cdot A16 \cdot DFLXS \cdot NX + 2 \\
 & \cdot I \cdot FLZ \cdot NZS9,9 \cdot A15 \cdot NZ \cdot DFLXS + 4 \cdot I \cdot FLZ \cdot NZ5,9 \cdot \\
 & DFLZ \cdot A15 \cdot NZ + 2 \cdot I \cdot FLZ \cdot NZ10,8 \cdot A15 \cdot NZ \cdot DFLXS + 2
 \end{aligned}$$

Приложения (продолжение)

$$\begin{aligned}
 & \cdot I^2 \cdot N \cdot X_{12,10} \cdot A_{10} \cdot FLX_S \cdot IX \cdot FLX + 2 \cdot FLZ_S^2 \cdot NZS_{3,8} \cdot A_{12} - 2 \cdot FLZ_S^2 \cdot NZS_{3,8} \cdot A_{15} \cdot IZ^2 + 2 \cdot FLZ_S \cdot FLX_S \cdot FLZ \cdot A_{27} \cdot NZ^2 + 2 \cdot FLZ_S \cdot FLX_S \cdot FLZ \cdot A_{22} + FLZ_S \cdot FLX_S \cdot IXS_{11,8} \cdot A_{13} + FLZ_S \cdot FLX_S \cdot IZS_{9,10} \cdot A_{13} + 2 \cdot FLZ_S \cdot FLZ \cdot IZS_{9,9} \cdot A_{12} + 2 \cdot FLZ_S \cdot FLZ \cdot NZS_{9,9} \cdot A_{15} \cdot NZ^2 + 2 \cdot FLZ_S \cdot FLZ \cdot NZS_{9,9} \cdot A_{12} + 2 \cdot FLZ_S \cdot FLZ \cdot NZS_{10,8} \cdot A_{15} \cdot NZ^2 + FLZ_S \cdot IX_{1,8} \cdot A_{13} \cdot FLX + 2 \cdot FLX_S^2 \cdot NXS_{12,10} \cdot A_{14} - 2 \cdot FLX_S^2 \cdot NXS_{12,10} \cdot A_{16} \cdot NX^2 + FLX_S \cdot FLZ \cdot IXS_{7,9} \cdot A_{13} + FLX_S \cdot FLZ \cdot NZS_{8,10} \cdot A_{13} + 2 \cdot FLX_S \cdot A_{27} \cdot DFLZ \cdot FLX_S + 2 \cdot FLX_S \cdot NX_{12,10} \cdot A_{14} \cdot FLX + 2 \cdot FLX_S \cdot IX_{12,10} \cdot A_{10} \cdot NX^2 \cdot FLX + 2 \cdot FLZ^2 \cdot NZS_{9,9} \cdot IZ^2 - 2 \cdot FLZ^2 \cdot IZS_{9,9} \cdot A_{15} \cdot NZ^2 + FLZ \cdot IX_{2,9} \cdot A_{13} \cdot FLX + 2 \cdot NZS_{9,9} \cdot FLZ \cdot A_{15} \cdot DFLX_S + 2 \cdot NZS_{9,9} \cdot DFLZ^2 \cdot A_{15} + 2 \cdot IZS_{3,8} \cdot A_{15} \cdot DFLX_S^2 + 2 \cdot NZ_{10,8} \cdot DFLZ \cdot A_{15} \cdot DFLX_S + 2 \cdot N(12,10) \cdot A_{10} \cdot DFLX_S \cdot DFLX + 2 \cdot NXS_{12,10} \cdot A_{10} \cdot DFLX_S^2) / (2 \cdot I) \} d\theta,
 \end{aligned}$$

$$S_{31} := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (-EPS^2 \cdot FLZ_S \cdot FLX_S \cdot B_{11} \cdot NXS_{9,1} - EPS \cdot FLZ_S \cdot B_{11} \cdot FLX) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$S_{33} := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLZ_S \cdot (NZS_{11,3} \cdot FLZ_S \cdot B_{10} \cdot GZ - FLX_S \cdot NXS_{4,3} \cdot B_{11} - NX_{9,3} \cdot B_{11} \cdot FLX) + EPS \cdot FLZ_S \cdot FLZ \cdot B_{10} \cdot GZ) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$\begin{aligned}
 S_{319} := & \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLZ_S \cdot (-2 \cdot I \cdot IZS_{9,9}) \cdot FLX_S \cdot IX \cdot FLX^2 - FLZ_S \cdot FLX_S \cdot B_{13} \cdot NZS_{2,11} - FLZ_S \cdot B_{13} \cdot NZS_{2,8} \cdot S \cdot FLX - 2 \cdot FLX_S^2 \cdot B_{14} \cdot NZS_{10,11} - FLZ_S \cdot FLZ \cdot B_{13} \cdot NZS_{1,11} - 3 \cdot FLX_S \cdot B_{24} \cdot FLX^2 - FLX_S \cdot B_{28} \cdot DFLX^2 - FLX_S \cdot B_{28} \cdot NX^2 \cdot FLX^2 - 2 \cdot FLX_S \cdot B_{14} \cdot NZS_{12,5} \cdot FLX - 2 \cdot FLX_S \cdot B_{14} \cdot NX_{8,11} \cdot FLX - FLZ \cdot B_{13} \cdot FLZ \cdot NZS_{3,5} - 2 \cdot B_{28} \cdot DFLX_S \cdot DFLX \cdot FLX - 2 \cdot B_{14} \cdot NZS_{12,5} \cdot FLX^2) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,
 \end{aligned}$$

$$S_{326} := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLZ_S \cdot (-2 \cdot I \cdot FLX_S \cdot FLZ \cdot B_{17} \cdot DFLZ \cdot NZ - FLZ_S \cdot FLX_S \cdot IZS_{12,13} \cdot B_{13} - 2 \cdot FLZ_S \cdot FLZ \cdot NZS_{9,8} \cdot B_{12} - 2 \cdot FLX_S^2 \cdot NXS_{5,13} \cdot B_{14} - FLX_S \cdot FLZ^2 \cdot PZ2 + FLX_S \cdot FLZ^2 \cdot B_{27} \cdot IZ^2 - FLZ_S \cdot FLZ \cdot NXS_{11,8} \cdot B_{13} - FLX_S \cdot FLZ \cdot NZS_{7,13} \cdot B_{13} - 2 \cdot FLX_S \cdot NX_{3,13} \cdot B_{14} \cdot FLX - FLX_S
 \right.$$

Приложения (продолжение)

$$\begin{aligned}
 & + B_{27} \cdot DFLZ^2 - 2 \cdot FLZ^2 \cdot NZ_{10,8} \cdot B_{12} - FLZ \cdot NX_{1,8} \cdot B_{13} \cdot FLX) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 S_{327} := & \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLZ_S \cdot (-2 \cdot I \cdot FLZ^2 \cdot B_{25} \cdot DFLZ_S \cdot NZ - 2 \cdot FLZ_S^2 \cdot NZS_{12,13} \cdot B_{12} - FLZ_S \cdot FLX_S \cdot IXS_{5,13} \cdot B_{13} - FLZ_S \cdot FLZ^2 \cdot B_{25} \cdot IZ^2 - 3 \cdot FLZ_S \cdot FLZ^2 \cdot B_{21} - 2 \cdot FLZ_S \cdot FLZ^2 \cdot B_{12} \cdot NZS_{7,13} - 2 \cdot FLZ_S \cdot FLZ \cdot B_{12} \cdot NZS_{8,10} - FLZ_S \cdot B_{25} \cdot DFLZ^2 - FLZ_S \cdot IX_{3,13} \cdot B_{13} \cdot FLX - FLX_S \cdot FLZ \cdot NXS_{12,10} \cdot B_{13} - 2 \cdot FLZ^2 \cdot B_{12} \cdot NZS_{8,10} - 2 \cdot FLZ \cdot B_{25} \cdot DFLZ_S \cdot DFLZ - FLZ \cdot IX_{12,10} \cdot B_{13} \cdot FLX) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{331} := & \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLZ_S \cdot (2 \cdot I \cdot FLX_S \cdot FLZ \cdot B_{26} \cdot DFLX \cdot NX - 2 \cdot I \cdot FLZ \cdot B_{26} \cdot DFLX_S \cdot NX \cdot FLX - FLZ_S \cdot FLX_S \cdot NZS_{5,6} \cdot B_{13} - 2 \cdot FLZ_S \cdot FLZ \cdot B_{12} \cdot NZS_{8,5} - FLZ_S \cdot NZS_{3,8} \cdot B_{13} \cdot FLX - 2 \cdot FLX_S^2 \cdot NXS_{2,0} \cdot B_{14} - 2 \cdot FLX_S \cdot FLZ \cdot B_{26} \cdot NX^2 \cdot FLX - 2 \cdot FLX_S \cdot FLZ \cdot B_{23} \cdot FLX - FLX_S \cdot FLZ \cdot NZS_{9,6} \cdot B_{13} - FLX_S \cdot FLZ \cdot B_{13} \cdot NX_{9,12,5} - 2 \cdot FLX_S \cdot NXS_{11,8} \cdot B_{14} \cdot FLX - 2 \cdot FLX_S \cdot NX_{7,6} \cdot B_{14} \cdot FLX - 2 \cdot FLZ^2 \cdot B_{12} \cdot NZS_{8,5} - 2 \cdot FLZ \cdot B_{20} \cdot DFLX_S \cdot DFLX - FLZ \cdot NZ_{10,8} \cdot B_{13} \cdot FLX - FLZ \cdot B_{13} \cdot NX_{12,5} \cdot FLX - 2 \cdot NX_{1,8} \cdot B_{14} \cdot FLX^2) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{333} := & \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLZ_S \cdot (2 \cdot I \cdot FLZ_S \cdot B_{27} \cdot DFLZ \cdot NZ \cdot FLX - 2 \cdot I \cdot FLZ \cdot B_{27} \cdot DFLZ_S \cdot NZ \cdot FLX - 2 \cdot FLZ_S^2 \cdot NZS_{5,6} \cdot B_{12} - FLZ_S \cdot FLX_S \cdot NX_{2,6} \cdot B_{13} - 2 \cdot FLZ_S \cdot FLZ \cdot NZS_{9,6} \cdot B_{12} - 2 \cdot FLZ_S \cdot FLZ \cdot B_{12} \cdot NZS_{10,7} - 2 \cdot FLZ_S \cdot FLZ \cdot B_{22} \cdot FLX - 2 \cdot FLZ_S \cdot FLZ \cdot B_{27} \cdot NZ^2 \cdot FLX - FLZ_S \cdot NX_{7,6} \cdot B_{13} \cdot FLX - FLZ_S \cdot NZS_{8,10} \cdot B_{13} \cdot FLX - FLX_S \cdot FLZ \cdot B_{13} \cdot NXS_{1,7} - 2 \cdot FLX_S \cdot NXS_{12,10} \cdot B_{14} \cdot FLX - 2 \cdot FLZ^2 \cdot B_{12} \cdot NZS_{7,7} - FLZ \cdot NZS_{8,10} \cdot B_{13} \cdot FLX - FLZ \cdot B_{13} \cdot NX_{11,7} \cdot FLX - 2 \cdot NX_{12,10} \cdot B_{14} \cdot FLX^2 - 2 \cdot B_{27} \cdot DFLZ_S \cdot DFLZ \cdot FLX) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,
 \end{aligned}$$

$$S_{42} := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLZ \cdot NX_{9,2} \cdot B_{11} \cdot FLX + EPS \cdot FLX_S \cdot FLZ \cdot B_{11}) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$S_{44} := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLZ \cdot (FLX_S \cdot NX_{4,4} \cdot B_{11} - FLZ \cdot B_{10} \cdot NZS_{11,4} \cdot GZ + NX_{9,4} \cdot B_{11} \cdot FLX) - EPS \cdot FLZ_S \cdot FLZ \cdot B_{10} \cdot GZ) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$S_{422} := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLZ \cdot (-2 \cdot I \cdot FLX_S^2 \cdot B_{28} \cdot DFLX \cdot NX + FLZ_S \cdot FLX_S \cdot B_{13} \cdot NZS_{8,5} + FLZ_S \cdot NZS_{1,12} \cdot B_{13} \cdot FLX + 3 \cdot FLX_S^2
 \right.$$

Приложения (продолжение)

$$B24 \cdot FLX + FLXS^2 \cdot B28 \cdot NX^2 \cdot FLX + 2 \cdot FLXS^2 \cdot P14 \cdot NX S12,5 + FLXS \cdot FLZ \cdot B13 \cdot NZ3,5 + 2 \cdot FLXS \cdot NX S8,12 \cdot B14 \cdot FLX + 2 \cdot FLXS \cdot B28 \cdot DFL(5 \cdot DFLX + 2 \cdot FLXS \cdot B14 \cdot NX12,5 \cdot FLX + FLZ \cdot NZ2,12 \cdot B13 \cdot FLX + 2 \cdot NX10,12 \cdot B14 \cdot FLX^2 + B28 \cdot DFLXS^2 \cdot FLX)) / (2 \cdot I) \} d\theta,$$

$$S428 := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLZ \cdot (-2 \cdot I \cdot FLZS \cdot B27 \cdot DFLZS \cdot NZ \cdot FLX + 2 \cdot FLZS^2 \cdot B12 \cdot NZS10,7 + FLZS^2 \cdot B22 \cdot FLX - FLZS^2 \cdot B27 \cdot NZ^2 \cdot FLX + FLZG \cdot FLXS \cdot B13 \cdot NX S1,7 + 2 \cdot FLZS \cdot FL7 \cdot B12 \cdot NZ3,7 + FLZS \cdot NZS7,14 \cdot B13 \cdot FLX + FLZS \cdot B \cdot 7 \cdot NX11,7 \cdot FLX + 2 \cdot FLXS \cdot NX S3,14 \cdot B14 \cdot FLX + FLZ \cdot NZ12,14 \cdot B13 \cdot FLX + 2 \cdot NX5,14 \cdot B14 \cdot FLX^2 + B27 \cdot DFLZS^2 \cdot FLX)) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$S430 := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLZ \cdot (-2 \cdot I \cdot FLZS^2 \cdot B25 \cdot DFLZ \cdot NZ + FLZS^2 \cdot FLZ \cdot B25 \cdot NZ^2 + 3 \cdot FLZG^2 \cdot FLZ \cdot B21 + 2 \cdot FLZS^2 \cdot B12 \cdot NZS8,10 + FLZS \cdot FLXS \cdot NX S12,10 \cdot B13 + 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot NZS7,14 \cdot B12 + 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot B12 \cdot NZ8,10 + 2 \cdot FLZS \cdot B25 \cdot DFLZS \cdot DFLZ + FLZS \cdot NX12,10 \cdot B13 \cdot FLX + FLXS \cdot FLZ \cdot NX S3,14 \cdot B13 + 2 \cdot FLZ^2 \cdot NZ12,14 \cdot B12 + FLZ \cdot NX5,14 \cdot B13 \cdot FLX + FLZ \cdot B25 \cdot DFLZS^2)) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$S432 := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLZ \cdot (-2 \cdot I \cdot FLZS \cdot FLXS \cdot B26 \cdot DFLX \cdot NX + 2 \cdot I \cdot FLZS \cdot B26 \cdot DFLXS \cdot IX \cdot FLX + 2 \cdot FLZS^2 \cdot B12 \cdot NZS8,5 + 2 \cdot FLZS \cdot FLXS \cdot B26 \cdot NX^2 \cdot FLX + 2 \cdot FLZS \cdot FLXS \cdot R23 \cdot FLX + FLZS \cdot FLXS \cdot B13 \cdot NZS10,7 + FLZS \cdot FLXS \cdot B13 \cdot NX S12,5 + 2 \cdot FLZG \cdot FLZ \cdot B12 \cdot NZ8,5 + FLZS \cdot NZS9,9 \cdot B13 \cdot FLX + 2 \cdot FLZS \cdot B26 \cdot DFLX \cdot DFLX + FLZS \cdot B13 \cdot NX12,5 \cdot FLX + 2 \cdot FLXS^2 \cdot B14 \cdot NX S1,7 + FLXS \cdot FLZ \cdot B13 \cdot NZ3,7 + 2 \cdot FLXS \cdot NX S7,9 \cdot B14 \cdot FLX + 2 \cdot FLXS \cdot B14 \cdot NX11,7 \cdot FLX + FLZ \cdot NZ5,9 \cdot B13 \cdot FLX + 2 \cdot NX2,9 \cdot B14 \cdot FLX^2)) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$S434 := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (EPS^2 \cdot FLZ \cdot (-2 \cdot I \cdot FLZS \cdot FLXS \cdot B27 \cdot DFLZ \cdot NZ + 2 \cdot I \cdot FLXS \cdot FLZ \cdot B27 \cdot DFLZG \cdot NZ + 2 \cdot FLZS^2 \cdot NZS3,8 \cdot B12 + 2 \cdot FLZS \cdot FLXS \cdot FLZ \cdot B22 + 2 \cdot FLZS \cdot FLXS \cdot FLZ \cdot B27 \cdot NZ^2$$

Приложения (продолжение)

$$+ FLZS \cdot FLXS \cdot I \cdot (S1,8 \cdot B13 + FLZS \cdot FLXS \cdot NZS8,10 \cdot B13 + 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot NZS9,9 \cdot B12 + 2 \cdot FLZS \cdot FLZ \cdot NZ10,5 \cdot B12 + FLZS \cdot NX1,8 \cdot B13 \cdot FLX + 2 \cdot FLXS^2 \cdot NX S12,10 \cdot B14 + FLXS \cdot FLZ \cdot NZS7,9 \cdot B13 + FLXS \cdot FLZ \cdot NZ8,10 \cdot B13 + 2 \cdot FLXS \cdot NX12,10 \cdot B14 \cdot FLX + 2 \cdot FLXS \cdot B27 \cdot DFLZG \cdot DFLZ + 2 \cdot FLZ^2 \cdot NZ5,9 \cdot B12 + FLZ \cdot NZ2,9 \cdot B13 \cdot FLX)) / (2 \cdot I) \} d\theta,$$

$$N_{x1,8} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (-A13 \cdot FLXS^2 \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$N_{x2,7} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (-FLZS \cdot A13 \cdot FLXS^2) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$N_{x3,13} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (FLXS \cdot (-2 \cdot I \cdot NZ \cdot DFLZ \cdot A15 \cdot FLZ + NZ^2 \cdot A15 \cdot FLZ^2 - A12 \cdot FLZ^2 - DFLZ^2 \cdot A13)) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$N_{x4,3} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (-A11 \cdot FLXS \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$N_{x5,14} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (FLXS \cdot (2 \cdot I \cdot NZ \cdot DFLZS \cdot A15 \cdot FLZS + NZ^2 \cdot A15 \cdot FLZS^2 - DFLZS^2 \cdot A15 - A12 \cdot FLZS^2)) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$N_{x6,4} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (-A11 \cdot FLZS \cdot FLXS) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$N_{x7,6} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (-FLZ \cdot A13 \cdot FLXS \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$N_{x8,11} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (FLXS \cdot (-2 \cdot I \cdot NX \cdot DFLX \cdot A16 \cdot FLX + NX^2 \cdot A16 \cdot FLX^2 - A14 \cdot FLX^2 - DFLX^2 \cdot A16)) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$N_{x9,2} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (IX \cdot A11 \cdot FLXS^2) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$N_{x10,12} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (FLXS \cdot (2 \cdot I \cdot NX \cdot DFLXS \cdot A16 \cdot FLXS + NX^2 \cdot A16 \cdot FLXS^2 - DFLXS^2 \cdot A16 - A14 \cdot FLXS^2)) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$N_{x11,7} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (-FLX \cdot FLZS \cdot A13 \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$N_{x12,5} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (FLXS \cdot (-I \cdot NX \cdot DFLXS \cdot A16 \cdot FLX + I \cdot NX \cdot DFLX \cdot A16 \cdot FLXS - NX^2 \cdot A16 \cdot FLX \cdot FLXS - DFLXS \cdot DFLX \cdot A16 - A14 \cdot FLX \cdot FLXS)) / I \right\} d\theta,$$

$$N_{x12,10} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (FLXS \cdot (-I \cdot NZ \cdot DFLZS \cdot A15 \cdot FLZ + I \cdot NZ \cdot DFLZ \cdot A15 \cdot FLZS - NZ^2 \cdot A15 \cdot FLZS \cdot FLZ - DFLZS \cdot DFLZ \cdot A15 - A12 \cdot FLZS \cdot FLZ)) / I \right\} d\theta,$$

$$N_{xS1,7} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (FLX^2 \cdot FLZS \cdot A13) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$N_{xS2,6} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (FLX^2 \cdot A13 \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \right\} d\theta,$$

$$N_{xS3,14} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ (FLX \cdot (-2 \cdot I \cdot NZ \cdot DFLZS \cdot A15 \cdot FLZS - NZ^2 \cdot A15 \cdot FLZS^2 +$$

Приложения (продолжение)

$$\begin{aligned}
 & \int_0^{2\pi} \{ (FLZS^2 \cdot A15 + A12 \cdot FLZS^2) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NXS4,4 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (FLX \cdot A11 \cdot FLZS) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NXS5,13 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (FLX \cdot (2 \cdot I \cdot NZ \cdot FLZ \cdot A15 \cdot FLZ - NZ^2 \cdot A15 \cdot FLZ^2 + A12 \cdot FLZ^2 + 2 \cdot FLZ^2 \cdot A15)) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NXS6,3 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (FLX \cdot A11 \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NXS7,9 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (FLX \cdot FLZS \cdot A13 \cdot FLXS) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NXS8,12 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (FLX \cdot (-2 \cdot I \cdot IX \cdot DFLXS \cdot A16 \cdot FLXS - IX^2 \cdot A16 \cdot FLXS^2 + 2 \cdot FLXS^2 \cdot A16 + A11 \cdot FLXS^2)) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NXS9,1 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (-IX \cdot A10 \cdot FLX^2) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NXS10,11 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (FLX \cdot (2 \cdot I \cdot IX \cdot 7FLX \cdot A10 \cdot FLX - IX^2 \cdot A10 \cdot FLX^2 + A14 \cdot FLX^2 + 2 \cdot DFLX^2 \cdot A10)) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NXS11,8 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (FLX \cdot A13 \cdot FLXS \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NXS12,5 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (FLX \cdot (I \cdot NZ \cdot DFLXS \cdot A10 \cdot FLX - I \cdot IX \cdot DFLX \cdot A10 \cdot FLXS + IX^2 \cdot A10 \cdot FLX \cdot FLZ^3 - 2 \cdot DFLXS \cdot DFLX \cdot A10 + A14 \cdot FLX \cdot FLXS)) / I \} d\theta, \\
 NXS12,10 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (FLX \cdot (I \cdot NZ \cdot 2 \cdot FLZS \cdot A15 \cdot FLZ - I \cdot NZ \cdot DFLZ \cdot A15 \cdot FLZS + NZ^2 \cdot A15 \cdot FLZS \cdot FLZ + 2 \cdot FLZS \cdot 2 \cdot FLZ \cdot A15 + A12 \cdot FLZS \cdot FLZ)) / I \} d\theta, \\
 NZ1,11 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (-A14 \cdot FLX^2 \cdot FLZS) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZ2,12 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (-A14 \cdot FLZS \cdot FLXS^2) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZ3,7 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (-B17 \cdot FLX \cdot FLZS^2) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZ4,1 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (-B17 \cdot FLX \cdot FLZS) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZ5,2 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (-B17 \cdot FLZS^2 \cdot FLXS) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZ6,2 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (-B17 \cdot FLZS \cdot FLXS) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZ7,13 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (-B12 \cdot FLZS \cdot FLZ^2) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZ8,5 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (-B14 \cdot FLX \cdot FLZS \cdot FLXS) / I \} d\theta, \\
 NZ8,10 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (-B12 \cdot FLZS^2 \cdot FLZ) / I \} d\theta, \\
 NZ9,6 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (-B17 \cdot FLX \cdot FLZS \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZ10,8 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (-B13 \cdot FLZS \cdot FLXS \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZ11,4 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (GZ \cdot A10 \cdot FLZS^2) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZ12,14 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (-312 \cdot FLZS^3) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZS1,12 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (B14 \cdot FLXS^2 \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \} d\theta,
 \end{aligned}$$

Приложения (продолжение)

$$\begin{aligned}
 NZS2,11 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (B14 \cdot FLX^2 \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZS3,8 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (A17 \cdot FLXS \cdot FLZ^2) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZS4,2 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (B17 \cdot FLXS \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZS5,6 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (B13 \cdot FLX \cdot FLZ^2) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZS6,1 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (B14 \cdot FLX \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZS7,14 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (B12 \cdot FLZS^2 \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZS8,5 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (B14 \cdot FLX \cdot FLXS \cdot FLZ) / I \} d\theta, \\
 NZS8,10 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (B12 \cdot FLZS \cdot FLZ^2) / I \} d\theta, \\
 NZS9,9 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (B13 \cdot FLZS \cdot FLXS \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZS10,7 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (B17 \cdot FLX \cdot FLZS \cdot FLZ) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZS11,3 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (-312 \cdot B17) \cdot FLZ^2) / (2 \cdot I) \} d\theta, \\
 NZS12,13 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{ (B17 \cdot FLZ^3) / (2 \cdot I) \} d\theta.
 \end{aligned}$$

$$H_{11} = -Im(S_{13}), \quad H_{12} = \frac{1}{4} [Im(S_{121}) - Im(S_{131})],$$

$$H_{13} = -\frac{1}{4} Im(S_{127}), \quad H_{14} = Re(S_{13}), \quad H_{15} = \frac{1}{4} [Re(S_{121}) + Re(S_{131})],$$

$$H_{16} = \frac{1}{4} Re(S_{127}), \quad H_{17} = Re(S_{11}), \quad H_{18} = \frac{1}{4} Re(S_{119}), \quad H_{19} = \frac{1}{4} Re(S_{133}),$$

$$H_{21} = Im(S_{31}), \quad H_{22} = \frac{1}{4} Im(S_{319}), \quad H_{23} = \frac{1}{4} [-Im(S_{326}) + Im(S_{333})],$$

$$H_{24} = Re(S_{31}), \quad H_{25} = \frac{1}{4} Re(S_{319}), \quad H_{26} = \frac{1}{4} [Re(S_{326}) + Re(S_{333})],$$

$$H_{27} = Re(S_{33}), \quad H_{28} = \frac{1}{4} Re(S_{331}), \quad H_{29} = \frac{1}{4} Re(S_{327}),$$

$$H_{34} = -Re(S_{31}), \quad H_{35} = -\frac{1}{4} Re(S_{319}),$$

$$H_{36} = \frac{1}{4} [Re(S_{121}) - Re(S_{131}) + Re(S_{326}) - Re(S_{333})],$$

$$H_{37} = -Re(S_{13}), \quad H_{39} = -\frac{1}{4} Re(S_{127}), \quad H_{313} = Im(S_{31}),$$

Приложения (продолжение)

$$H_{314} = \frac{1}{4} \operatorname{Im}(S_{319}), \quad H_{315} = \frac{1}{4} [-\operatorname{Im}(S_{121}) - \operatorname{Im}(S_{131}) + \operatorname{Im}(S_{326}) + \operatorname{Im}(S_{333})],$$

$$H_{316} = -\operatorname{Im}(S_{13}), \quad H_{318} = -\frac{1}{4} \operatorname{Im}(S_{127}), \quad H_{319} = \operatorname{Im}(S_{11}) - \operatorname{Im}(S_{33}),$$

$$H_{320} = \frac{1}{4} [\operatorname{Im}(S_{149}) - \operatorname{Im}(S_{331})], \quad H_{321} = \frac{1}{4} [\operatorname{Im}(S_{133}) - \operatorname{Im}(S_{329})].$$

Литература

1. Коломенский А.А., Лебедев А.Н. Теория циклических ускорителей, М., Энергиздат, 1962.
2. Брук Г. Циклические ускорители заряженных частиц, М., Атомиздат, 1970.
3. Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний, М., Наука, 1974.
4. Гребенников В.А., Рябов Ю.А. Конструктивные методы анализа нелинейных систем. М., Наука, 1979.
5. Hearn A.C., REDUCE Users Manual, Version 3.2, Rand Corporation, Santa Monica, CA 90406, USA, 1985.
6. Жидкова И.В. ОИЯИ, ПИ-88-722, Дубна, 1988.
7. Амирханов И.В. и др. ОИЯИ, ПИ-88-904, Дубна, 1988.
8. Bryant P.J., A simple Theory for Betatron Coupling, CERN ISR-MA775-28, Geneva, 1975.
9. Васильшин В.В. и др. ОИЯИ, 8-86-512, Дубна, 1986.

Рукопись поступила в издательский отдел  
27 июня 1989 года.