Серия «Математика»
2013. Т. 6, № 2. С. 69—76

Онлайн-доступ к журналу:
http://isu.ru/izvestia

ИЗВЕСТИЯ
Иркутского
государственного
университета

УДК 512.5

Большие элементарные абелевы унипотентные подгруппы групп лиева типа *

Г. С. Сулейманова
Сибирский федеральный университет

Аннотация. В статье завершается описание больших элементарных абелевых унипотентных подгрупп групп лиева типа.

Ключевые слова: группа лиева типа; унипотентная подгруппа; большая абелева подгруппа.

1. Введение

Для любого теоретико-группового свойства $\mathcal{P}$ *большой* $\mathcal{P}$*-подгруппой* конечной группы называют всякую $\mathcal{P}$-подгруппу наивысшего порядка.

Известно, что вопрос описания больших абелевых подгрупп группы G лиева типа над конечным полем, изучаемый с 70-х годов, сводится к аналогичному вопросу для унипотентного радикала U подгруппы Бореля в G, подобно схеме А. И. Мальцева [10] для простых комплексных алгебр Ли. Для классических типов к середине 80-х годов были найдены множество $A(U)$ больших абелевых подгрупп в U, его подмножество $A_N(U)$ нормальных в U подгрупп из $A(U)$ и множество $A_e(U)$ больших элементарных абелевых подгрупп в U, а также подгруппы Томпсона

$$J(U) = \langle A \mid A \in A(U)\rangle, \quad J_e(U) = \langle A \mid A \in A_e(U)\rangle.$$

В 1986 году в обзоре А. С. Кондратьева [3] как проблема (1.6) записана

Проблема: *Описать множества* $A(U), A_N(U), A_e(U)$ *и подгруппы Томпсона* $J(U)$, $J_e(U)$ *для оставшихся случаев* G.

Е. П. Вдовин [1], [2] исследовал проблему, развивая метод А.И. Мальцева [10] и используя компьютерные перечисления. Для абелевой под-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 12-01-00968.

группы A и нильпотентной подгруппы N конечной простой неабелевой группы G он доказал: $\mid A \mid^3 < \mid G \mid$ при $G \neq A_1(q)$; $\mid N \mid^2 < \mid G \mid$.

Автор и В.М. Левчук реализуют подход, анонсированный в [6], связанный с предварительным описанием максимальных нормальных абелевых подгрупп в U. Так, в [7], [8], [18], [13], [14], [15] и [19] завершено описание множеств $A(U), A_N(U)$ и подгрупп Томпсона $J(U)$. В настоящей статье завершается описание множеств $A_e(U)$ и подгрупп Томпсона $J_e(U)$; см. § 3 и § 4.

2. Предварительные замечания и основная теорема

Группу Шевалле, ассоциированную с системой корней Φ и полем K, обозначаем через $\Phi(K)$. Как и в [17], [12], ее порождают корневые подгруппы $X_r = x_r(K),\ r \in \Phi$; для положительных корней $r \in \Phi^+$ они порождают унипотентную подгруппу $U = U\Phi(K)$. Скрученную группу ${}^m\Phi(K)$ определяют как централизатор в $\Phi(K)$ скручивающего автоморфизма θ порядка $m = 2$ или 3 – композиция графового автоморфизма $\tau \in Aut\ \Phi(K)$ и автоморфизма $\sigma : t \to \bar{t}$ основного поля, причем $\theta(X_r) = \tau(X_r) = X_{\bar{r}}$ $(r \in \Phi)$ для естественного продолжения $\bar{}$ на Φ симметрии графа Кокстера порядка m и $U = U^m\Phi(K) := {}^m\Phi(K) \cap U\Phi(K)$. Когда все корни в Φ одной длины, выберем гомоморфизм ζ решетки корней, согласно [4], [18], где полные прообразы элементов из $\zeta(\Phi)$ есть $\bar{}$ -орбиты в Φ длины 1 или m. В частности, для типа ${}^3D_4$ и ${}^2E_6$ можно рассматривать $\zeta(\Phi)$ как систему корней типа G_2 и F_4, соответственно. Для $a \in \zeta(\Phi)$ в группе ${}^m\Phi(K)$ выделяем корневые подгруппы $X_a = x_a(K_\sigma)$, $K_\sigma := Ker(1-\sigma)$ при $|\zeta^{-1}(a)| = 1$ и $X_a = x_\alpha(K)$ $|\zeta^{-1}(a)| = m$. Полагая ${}^m\Phi = \zeta(\Phi)$, имеем

$$U = UG(K) = \langle X_r \mid r \in G^+ \rangle, \quad G = \Phi \ \text{ или } \ {}^m\Phi.$$

Стандартный центральный ряд $U = U_1 \supseteq U_2 \supseteq \cdots$ группы U см. [17].

Пусть $\{r\}^+$ – совокупность всех $s \in G^+$ с неотрицательными коэффициентами в разложении $s - r$ через базу $\Pi(G)$. Полагаем

$$T(r) := \langle X_s \mid s \in \{r\}^+ \rangle, \quad Q(r) := \langle X_s \mid s \in \{r\}^+,\ s \neq r \rangle, \quad r \in G.$$

Если $H \subseteq T(r_1)T(r_2)\dots T(r_m)$ и любая замена $T(r_i)$ на $Q(r_i)$ нарушает включение, то $\mathcal{L}(H) = \{r_1, r_2, \cdots, r_m\}$ назовем *множеством углов* в H. Через $\mathcal{L}_1(H)$ обозначаем множество первых углов всех элементов из H.

Как правило, большие элементарные абелевы подгруппы в U лежат в $A(U)$. Более точно, в работах Барри и Вонга для классических типов (см. обзор [3]) и для исключительных типов в [1], [18] и [19] установлена

Теорема 1. *В группе $U = UG(K)$ все большие элементарные абелевы подгруппы есть большие абелевы; исключительными являются лишь группы $G_2(2)$, ${}^3D_4(8)$, группы Сузуки ${}^2B_2(K)$ и группы Ри ${}^2F_4(K)$.*

Порядки больших абелевых подгрупп в U известны, [1] и [18].

Лемма 1. *В группе $U = UG(K)$ порядок $\mathbf{a}(U)$ больших абелевых подгрупп равен порядку $\mathbf{a_e}(U)$ больших элементарных абелевых подгрупп, кроме случаев: $\mathbf{a}(U) = 2\mathbf{a_e}(U) = 2|U_3|$ для групп $UG_2(2)$ и $U^3D_4(8)$, $\mathbf{a}(U) = 2\mathbf{a_e}(U) = 2|K|$ для типа ${}^2B_2$, наконец, $\mathbf{a}(U) = 2 \cdot \mathbf{a_e}(U) = 2|K|^5$ для типа ${}^2F_4$.*

Описание подгрупп Томпсона $J_e(U)$ и множества $A_e(U)$, когда оно лежит в $A(U)$, легко следует из известных описаний $A(U)$; см. обзор [3] для классических типов и [1], [18], [19] для исключительных типов.

Подгруппы Томпсона $J_e(U)$ и множество $A_e(U)$ для оставшихся, исключительных в теореме 1 групп мы выявляем в §§ 3 и 4. Отметим, что в [19] изучался только случай $A_e(U) \subseteq A(U)$.

Зафиксируем *регулярное упорядочение* корней, согласованное с функцией высоты корней [17, Лемма 5.3.1]. Всякий элемент γ в U допускает единственное согласованное *(каноническое)* разложение в произведение корневых элементов $x_r(\gamma_r)$ $(r \in G^+)$, [12, Лемма 18]. Коэффициент γ_r называем *r-проекцией* элемента γ. Очевидно, первый угол элемента γ соответствует его первому сомножителю в каноническом разложении.

3. Группы U типа G_2 и ${}^3D_4$

В этом параграфе мы опишем большие элементарные абелевы подгруппы групп $U = UG(K)$ типа G_2 и ${}^3D_4$. Нам потребуются леммы.

Далее для типа ${}^3D_4$ полагаем $\pi := 1+\sigma+\sigma^2$. Порядок любой подгруппы A в U можно оценивать через порядки проекций A_i пересечений:

$$A \cap U_i = x_r(A_i) \ mod\ U_{i+1}, \quad 1 < ht(r) = i \leq 5;$$

$$|A| = |A : A \cap U_2| \cdot |A_2| \cdot |A_3| \cdot |A_4| \cdot |A_5|.$$

Нам потребуются следующие три леммы из [18] и [19].

Лемма 2. *Пусть A – абелева подгруппа в U. Тогда в K существуют элементы d_a, d_b и аддитивная подгруппа F такие, что $d_bFA_4 = 0$ и*

$$A = \gamma(F) \cdot (A \cap U_2), \quad \gamma(t) = x_a(d_at)x_b(d_bt) \ mod\ U_2 \ (t \in F).$$

Для типа ${}^3D_4$ и G_2 имеем, соответственно, $(A_2A_3)^\pi = 0$ и $3A_2A_3 = 0$, а при $d_aF \ni 1$ аналогично $A_2^{1+\sigma} = A_3^\pi = 0$ и $2A_2 = 3A_3 = 0$.

Лемма 3. *Если $2K = K$, то $Ker(1+\sigma) = 0$. В общем случае имеем:*

$$K = K^{1+\sigma} + K_\sigma,\ K_\sigma \cap K^{1+\sigma} = 2K_\sigma, \quad K^\pi = K_\sigma,\ Ker(\pi) = K^{1-\sigma}.$$

Лемма 4. *Если $\Delta_1 := X_{a+b}X_{2a+b}U_5$ и $\Delta_2 := X_bU_4$, то $T(b) = \Delta_1\Delta_2$. Когда U типа G_2 и $3K = 0$, централизатор $C(\Delta_1)$ равен $T(b)$ и центр Z в U равен $X_{2a+b}U_5$; в остальных случаях $C(\Delta_1) = \Delta_2$, $C(\Delta_2) = \Delta_1$ и $Z = U_5$. Кроме того, $\Delta_1 \simeq \Delta_2 \simeq UT(3, K)$, когда U типа G_2 и $3K = K$, и $\Delta_2 \simeq UT(3, K_\sigma)$ для типа ${}^3D_4$.*

Лемма 5. *Пусть $2K = 0$, $\gamma \in U$, $\gamma^2 = 1$ и $\gamma = x_{a+b}(s)x_{2a+b}(t) \mod U_4$, $s, t \in K$. Тогда $st = 0$ для типа G_2 и $st \in K^{1-\sigma}$ типа ${}^3D_4$.*

Доказательство. В условиях леммы получаем

$$1 = \gamma^2 = [x_{a+b}(s), x_{2a+b}(t)].$$

Для типа G_2 отсюда сразу же следуют равенства $x_{3a+2b}(3st) = 1$ и $st = 0$. Когда U типа ${}^3D_4$, при $s \in K_\sigma$ находим $0 = s(t^\pi) = (st)^\pi$ и, по лемме 3, $st \in K^{1-\sigma}$. В общем случае при $s \in K^*$ существует K-характер χ решетки корней с условиями $\chi(a) = s^{-1}$, $\chi(b) = 1$. Диагональный автоморфизм $h(\chi)$ переводит γ в элемент порядка 2, равный $x_{a+b}(1)x_{2a+b}((\bar{s}\bar{\bar{s}})^{-1}t)$ по модулю U_4. По доказанному, $t \in \bar{s}\bar{\bar{s}}K^{1-\sigma}$ и поэтому $st \in K^{1-\sigma}$. $\square$

Лемма 6. *Если A – элементарная абелева подгруппа в U, $2K = 0$, то*

$$T(a) = C(U_4) \supseteq A \quad \text{или} \quad T(b) \supseteq A \supseteq U_5. \tag{3.1}$$

Доказательство. Достаточно показать, что угол в A единствен. Допустим противное, т. е. A содержит элемент с углом a и элемент с углом b. Очевидно, один из этих элементов или их произведение есть элемент $\gamma \in A$, равный $x_a(t)x_b(1)$ по модулю U_2 при подходящем $t \neq 0$. Тогда соотношения

$$\gamma^2 = [x_a(t), x_b(1)] = x_{a+b}(t) \mod U_3$$

дают противоречие с элементарной абелевостью подгруппы A. $\square$

К элементарным абелевым подгруппам порядка $|U_3|$ в U относятся

$$U_3,\ X_{a+b}U_4,\ X_aU_4,\ X_bX_{a+b}U_5,\ X_bX_{2a+b}U_5. \tag{3.2}$$

Теорема 2. *В группе $U = UG_2(2)$ всякая большая элементарная абелева подгруппа сопряжена подгруппе из (3.2).*

Доказательство. Выберем произвольную подгруппу $A \in A_e(U)$. В первом случае из (3.1) имеем $A = \langle\gamma\rangle \times U_4$ для элемента $\gamma \in T(a) \setminus$

U_4, $\gamma^2 = 1$. По лемме 5, при $A \subseteq U_2$ получаем $A = X_{a+b}U_4$ или $A = U_3$. Когда γ имеет угол a, с точностью до X_b-сопряжения, элемент γ лежит в X_aU_3. В этом случае он n_b-сопряжен с элементом порядка 2 из U_2, так что $\gamma \in X_aU_4$, по лемме 5, и поэтому

$$A = X_aU_4 = (X_{a+b}U_4)^{n_b}.$$

В оставшихся случаях $A = \langle\alpha\rangle \times \langle\beta\rangle \times U_5$ для элемента α с углом b и элемента $\beta \in U_2 \setminus U_4$ с одним из условий, где $v, f, g \in K$:

(i) $\beta = x_{a+b}(1)x_{3a+b}(v), \quad \alpha = x_b(1)x_{2a+b}(f)x_{3a+b}(g)$;

(ii) $\beta = x_{2a+b}(1)x_{3a+b}(v), \quad \alpha = x_b(1)x_{a+b}(f)x_{3a+b}(g)$.

В обоих случаях $\alpha^2 = [x_b(1), x_{3a+b}(g)] = x_{3a+2b}(g) = 1$ и поэтому $g = 0$. С точностью до X_a-сопряжения A, можно считать $v = 0$ в (i), а в (ii) – $f = 0$. Тогда соотношение $1 = [\alpha, \beta]$ дает $f = 0$ в (i) и $v = 0$ в (ii). Таким образом, $A = X_bX_{a+b}U_5 = (U_3)^{n_a}$ или $A = X_bX_{2a+b}U_5 = (X_{a+b}U_4)^{n_a}$. $\square$

В группе лиева типа ${}^3D_4$ подгруппу $\Delta_1 = X_{a+b}X_{2a+b}U_5$ нормализует n_a. Выделим аддитивные преобразования $\tilde{}$ поля K и $\beta(v)$ такие, что

$$\beta(v) := x_{a+b}(v)x_{2a+b}(\tilde{v}), \quad (t\tilde{v} - \tilde{t}v)^\pi = 0 \;\; (t, v \in K).$$

Лемма 7. *Большие элементарные абелевы подгруппы в U_2 группы U типа ${}^3D_4$ исчерпывают подгруппы вида $\beta(K)U_4$, U_3, а также диагонально сопряженные к подгруппам*

$$x_{a+b}(K_\sigma)x_{2a+b}(K^{1-\sigma})U_5 \quad \textit{или} \quad x_{a+b}(K^{1-\sigma})x_{2a+b}(K_\sigma)U_5. \tag{3.3}$$

Доказательство. Выберем, как в лемме, подгруппу A. Условия абелевости A из леммы 2, в частности, включение $A_2A_3 \subseteq Ker(\pi) = K^{1-\sigma}$ сохраняются при умножениях A_i и F на элементы из K_σ. Когда A_2 и A_3 порождают ненулевые K_σ-модули, размерность хотя бы одного из них равна 1; иначе $(A \cap U_2)U_4$ – элементарная абелева подгруппа порядка $> \mathbf{a_e}(\mathbf{U})$. С точностью до диагонального и n_a- сопряжений, $A_2 = K_\sigma$ и, по лемме 5, $A_3 \subseteq K^{1-\sigma}$. Отсюда следует, что A – первая подгруппа (3.3). $\square$

Полное описание $A(U)$ и $A_e(U)$ получаем и для типа ${}^3D_4$, по аналогии с типом G_2, используя леммы 6 и 7; описание подгрупп Томпсона см. § 4. Заметим, что $x_a(d)$-сопряжение $X_{a+b}U_4$ дает подгруппу $\beta(K)U_4$, где

$$\tilde{t} = \bar{\bar{d}}\bar{t} + \bar{d}\bar{\bar{t}}, \quad (t\tilde{v} - \tilde{t}v)^\pi = [d(\bar{t}\bar{\bar{v}} - \bar{v}\bar{\bar{t}} + \bar{v}\bar{\bar{t}} - \bar{t}\bar{\bar{v}})]^\pi = (d \cdot 0)^\pi = 0 \;\; (t, v \in K).$$

4. Группы U типа ${}^2B_2$ и ${}^2F_4$ и подгруппы Томпсона

Группа лиева типа ${}^2B_2$ (или группа М. Сузуки) и группа Ри типа ${}^2F_4$ определены над полем K с автоморфизмом ${}^-$ таким, что $\bar{\bar{x}}^2 = x, x \in K$.

Хорошо известно, что для типа ${}^2B_2$ множество $A(U)$ всех больших абелевых подгрупп в U образуют максимальные абелевы подгруппы; их исчерпывают подгруппы вида $\langle\gamma\rangle U_2$ $(\gamma \in U \setminus U_2)$. В частности,

$$J(U) = U, \quad A_e(U) = \{U_2\} \quad J_e(U) = U_2.$$

Для группы $U = U^2F_4(K)$ в представлении из [5, § 4 (I)] подгруппу U_i порождают «корневые элементы» $R_{mj}(t)$, соответствующие столбцам с номерами $\geq i$ в следующей таблице:

$$\begin{array}{llllllll} R_{21} & R_{2,-1} & R_{3,-1} & R_{3,-2} & & & & \\ R_{32} & R_{31} & R_{43} & R_{42} & R_{41} & R_{4,-1} & R_{4,-2} & R_{4,-3}. \end{array}$$

Основные соотношения [5, Лемма 4] показывают, что подгруппы

$$\langle R_{21}(K)R_{2,-1}(K)\rangle, \ \langle R_{43}(K)R_{4,-3}(K)\rangle, \ \langle R_{3v}(K)R_{4,2v}(K)\rangle \ (|v| = 1)$$

изоморфны $U^2B_2(K)$; отображение $t \to R_{mj}(t)$ $(t \in K)$ для оставшихся R_{mj} есть изоморфизм аддитивной группы K^+ поля K в U.

Из основных соотношений сразу же следует, что подгруппы

$$\langle R_{43}(1)\rangle R_{42}(K)U_5, \qquad \langle R_{3,-1}(1)\rangle R_{2,-1}(K)R_{3,-2}(K)U_6 \tag{4.1}$$

есть большие абелевы в U, а подгруппы

$$R_{42}(K)U_5, \qquad R_{32}(K)R_{42}(K)R_{41}(K)R_{4,-1}(K)U_8,$$
$$R_{3,-2}(K)U_5, \qquad R_{2,-1}(K)R_{3,-2}(K)U_6 \tag{4.2}$$

– большие элементарные абелевы. ($\langle R_{31}(1)\rangle R_{42}(K)R_{41}(K)U_7$ – максимальная абелева подгруппа, а ее порядок $< \mathbf{a_e}(U)$.)

Используя [5, Лемма 4], несложно показать, что (4.1) и (4.2), с точностью до B-сопряжения, исчерпывают соответствующие подгруппы. Это дает также подгруппы Томпсона.

Замечание. В [18] показано, что *в конечной группе U либо каждая большая абелева подгруппа G-сопряжена с нормальной подгруппой в U, либо G типа G_2, ${}^3D_4$, F_4 или ${}^2E_6$*. К исключениям в [18, Теорема 6.5] нужно отнести также тип ${}^2F_4$: с учетом [5, Лемма 4], вторая из подгрупп в (4.1) не является нормальной в U (ср. с замечанием после таблицы 3 в [2]) и, более того, она не G-сопряжена с нормальной подгруппой в U.

Резюмируем с уточнениями результаты о подгруппах Томпсона для групп U исключительных типов.

Теорема 3. *Пусть* $U = UG(K)$ *– исключительного типа. Тогда:*

a) $J(U) = J_e(U) = \Pi_{i=1}^{6} T(\alpha_i)$ *для типа* E_8*;*

b) $A(U) = A_N(U) = A_e(U)$ *для типа* E_6 *и* E_7*;*

c) $J(U) = J_e(U) = U_{\alpha_1}$ *в группе* $UF_4(K)$ *при* $2K = K$ *и в* $U^2E_6(K)$*;*

d) $J(U) = J_e(U) = U$ *в группе* $UF_4(K)$ *при* $2K = 0$*;*

e) $J(U) = T(a)$, $J_e(U) = U$ *в группе* $U^3D_4(8)$ *и* $J(U) = J_e(U) = U$ *в группах* $U^3D_4(K)$ *при* $|K_\sigma| > 2$ *и* $UG_2(K)$ *при* $|K| > 2$*;*

f) $J(U) \in A_N(U)$, $|A_N(U)| = 1$ *и* $J_e(U) = U$ *для группы* $UG_2(2)$*;*

g) $J(U) = U$, $J_e(U) = U_2$ *в группе* $U^2B_2(K)$*;*

h) $J(U) = R_{2,-1}(K)U_3$, $J_e(U) = R_{32}(K)U_2$ *в группе* $U^2F_4(K)$*.*

Список литературы

1. Вдовин Е. П. Максимальные порядки абелевых подгрупп в конечных группах Шевалле / Е. П. Вдовин // Мат. заметки – 2000. -– Т. 68, вып. 1. – С. 53–76.
2. Вдовин Е. П. Большие абелевы унипотентные подгруппы конечных групп Шевалле / Е. П. Вдовин // Алгебра и логика. – 2001. – Т. 40, № 5. – С. 523–544.
3. Кондратьев А. С. Подгруппы конечных групп Шевалле / А. С. Кондратьев // Успехи мат. наук. – 1986. – Т. 41, № 1 (247). – С. 57–96.
4. Левчук В. М. Параболические подгруппы некоторых ABA-групп / В. М. Левчук // Мат. заметки. – 1982. – Т. 31, вып. 4. – С. 509–525.
5. Левчук В. М. Автоморфизмы унипотентных подгрупп групп Шевалле / В. М. Левчук // Алгебра и логика. – 1990. – Т. 29, № 2. – С. 141–161.
6. Левчук В. М. Обобщенные унипотентные подгруппы классических линейных групп / В. М. Левчук // Фундам. и прикл. математика. – 1996. – Т. 2, № 2. – С. 625–627.
7. Левчук В. М. Нормальное строение унипотентной подгруппы группы лиева типа и смежные вопросы / В. М. Левчук, Г. С. Сулейманова // Докл. РАН. – 2008. – Т. 419, № 5. – С. 595–598.
8. Левчук В. М. Автоморфизмы и нормальное строение унипотентных подгрупп финитарных групп Шевалле / В. М. Левчук, Г. С. Сулейманова // Тр. ИММ УрО РАН. – 2009. – Т. 15, № 2. – С. 133-142.
9. Левчук В. М. Нормальное строение унипотентной подгруппы групп лиева типа и её экстремальные подгруппы / В. М. Левчук, Г. С. Сулейманова // Фундам. и прикл. математика. – 2012. – Т. 17, № 1. – С. 155–169.
10. Мальцев А. И. Коммутативные подалгебры полупростых алгебр Ли / А. И. Мальцев // Изв. АН СССР. Сер. мат. – 1945. – Т. 9, № 4. – С. 291–300.
11. Серр Ж.-П. Алгебры Ли и группы Ли / Ж.-П. Серр. – М. : Мир, 1969. – 379 с.
12. Стейнберг Р. Лекции о группах Шевалле / Р. Стейнберг. – М. : Мир, 1975. – 264 с.
13. Сулейманова Г. С. О сопряженности в группе Шевалле больших абелевых подгрупп унипотентной подгруппы / Г. С. Сулейманова // Фундамен. и прикл. математика. – 2009. – Т. 15, № 7. – С. 205-216.

14. Сулейманова Г. С. Классы сопряженных в группе Шевалле типа F_4 больших абелевых подгрупп унипотентной подгруппы / Г. С. Сулейманова // Владикавказ. мат. журн. – 2011. – Т. 13, вып. 2. – С. 45–55.
15. Сулейманова Г. С. Сопряженность в конечной группе Шевалле типа E_8 больших абелевых унипотентных подгрупп / Г. С. Сулейманова // J. of Siberian Federal University. Math. & Physics. – 2011. – Vol. 4, Issue 4. – P. 536–540.
16. Сулейманова Г. С. Исключительные большие унипотентные абелевы подгруппы групп лиева типа / Г. С. Сулейманова // Вестн. СибГАУ. – 2012. – Т. 44, № 4. – С. 61–64.
17. Carter R. Simple groups of Lie type / R. Carter. – N. Y. : Wiley and Sons, 1972.
18. Levchuk V. M. Extremal and maximal normal abelian subgroups of a maximal unipotent subgroup in groups of Lie type / V. M. Levcuk, G. S, Suleimanova // Journal of Algebra. – 2012. – Vol. 349, N 1. – P. 98–116.
19. Levchuk V. M. Thompson subgroups and large abelian unipotent subgroups of Lie-type groups / V. M. Levcuk, G. S, Suleimanova // J. of Siberian Federal University. Math. & Physics. – 2013. – Vol. 6, Issue 1. – P. 63–73.

G. S. Suleimanova

Large elementary abelian unipotent subgroups in Lie type groups

Abstract. The description of large elementary abelian unipotent subgroups in Lie type groups is completed.

Keywords: Lie type group; unipotent subgroup; large abelian subgroup.

Сулейманова Галина Сафиуллановна, кандидат физико-математических наук, доцент, Институт математики и фундаментальной информатики, Сибирский федеральный университет, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79 тел.: (3912)2062148 (`suleimanova@list.ru`)

Suleimanova Galina, Institute of Mathematics and Computr Science, Siberian Federal University, 79, Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Phone: (3912)2062148 (`suleimanova@list.ru`)