Г. О. Эльстинг, Об аналогах классических алгебр Ли над полем характеристики 3,
Изв. вузов. Матем., 1991, номер 7, 61–65

Обратим внимание, что т. к. $g_1 \notin pZG$, то

$$f_{1,a}(X) = a^{g_1} + \ldots + (\sum_{\substack{\sigma\in M \\ p\nmid n_\sigma}} n_\sigma a^\sigma) X^{l-1} + X^l, \ l = \sum_{\sigma\in M} n_\sigma .$$

Если $x \in K$, то по условию

$$(a+x)^f = \frac{(a+x)^{g_1}}{(a+x)^{g_2}} = \frac{f_{1,a}(x)}{f_{2,a}(x)} \in S.$$

В частности, для бесконечного числа элементов из $S \cap K$

$$x \in S \cap K, \ \ (a+x)^f = f_{1,a}(x)/f_{2,a}(x) \in S.$$

Отсюда по лемме 3 $f_{1,a} \in S[X]$. Значит, если a — базисный элемент, то $\sum_{p\nmid n_\sigma} n_\sigma a^\sigma \in S$. А если x — произвольный элемент из K, то и ax — базисный элемент, и $\sum_{p\nmid n_\sigma} n_\sigma (ax)^\sigma = x \sum_{p\nmid n_\sigma} n_\sigma a^\sigma \in S$. Отсюда следует, что $x \in S$, поскольку из базисности a вытекает $\sum_{p\nmid n_\sigma} n_\sigma a^\sigma \neq 0$. Доказательство теоремы окончено.

Автор благодарен В. Е. Воскресенскому за полезные указания, а А. И. Валицкасу — за помощь в выполнении работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевалле К. Теория групп Ли. Т. 2. Алгебраические группы: Пер. с франц.— М.: Ин. лит., 1958.— 375 с.

2. Ленг С. Алгебра: Пер. с англ.— М.: Мир, 1968.— 564 с.

3. Воскресенский В. Е. Алгебраические торы.— М.: Наука, 1977.— 224 с.

4. Kaplansky I. A theorem on division rings // Canad. J. Math.— 1951.— V. 3.— № 3.— P. 290—292.

г. Новосибирск

Поступила 06.06.1990

Г. О. Эльстинг

УДК 512.554.31

ОБ АНАЛОГАХ КЛАССИЧЕСКИХ АЛГЕБР ЛИ НАД ПОЛЕМ ХАРАКТЕРИСТИКИ 3

Основное поле k предполагается алгебраически замкнутым полем характеристики p. Непосредственно проверяется, что при $p > 3$ простые классические k-алгебры Ли, отличные от A, обладают неприводимой транзитивной градуировкой вида

$$L = L_{-2} + L_{-1} + L_0 + L_1 + L_2, \tag{1}$$

в которой: а) $\dim L_{-2} = \dim L_2 = 1$; б) L_0 — прямая сумма одномерного центра $z(L_0)$ и подалгебры L_0'; в) $[L_{\pm 2}, L_0'] = \langle 0 \rangle$. Более того, исходя из результатов [1] и [2], нетрудно показать, что при $p > 3$ любая простая алгебра Ли с градуировкой вида (1) является классической. В противоположность этому для $p = 3$, $\dim L_{-1} = 2$ в работе [3] построено бесконечное семейство простых неклассических алгебр Ли $L(\varepsilon)$, обладающих градуировкой вида (1). Предположим, что $p = 3$ (как и всегда в дальнейшем) и введем следующие обозначения: $K_{2n+1}(E) = L_{-2} + L_{-1} + \ldots$ — контактная алгебра Ли, наделенная стандартной градуировкой (см. [4]), V — подгруппа в $\mathrm{Aut}_k(K_{2n+1}(E))$, индуцированная k-линейными преобразованиями подпространства $E' = kx_1 + \ldots + kx_{2n}$ пространства E; $(O_{2n}(E'))_i$ — пространство однородных многочленов степени i в алгебре разделенных степеней $O_{2n}(E')$; $\pi i = i \pm n$, $i = 1, \ldots, 2n$; $\varepsilon_1 = \ldots = \varepsilon_n = 1 = -\varepsilon_{n+1} = \ldots = -\varepsilon_{2n}$; $\{u, \ \ w\} = \varepsilon_1 (\partial_1 u)(\partial_{\pi 1} w) + \ldots + \varepsilon_{2n} (\partial_{2n} u)(\partial_{\pi(2n)} w)$;

$\Pi_{\rm cl}$ — множество (классов изоморфизма) алгебр Ли над k, образованное четырьмя сериями простых матричных алгебр A_m, B_m, C_m, D_m (исключительные алгебры Ли при $p = 3$ не простые). Основной результат работы —

Теорема 1. *Простая алгебра Ли L, обладающая градуировкой вида (1) и не принадлежащая $\Pi_{\rm cl}$, существует для данной величины $\dim L_{-1} = 2n$ тогда и только тогда, когда система*[1]

$$\begin{cases} 2Fx_i + \{\varepsilon_i \partial_{\pi i} F,\ F\} = 0, \ i = 1, \ldots, 2n; \\ x_i(\varepsilon_j \partial_{\pi j} F) + x_j(\varepsilon_i \partial_{\pi i} F) + \varepsilon_i \varepsilon_j \{\partial_{\pi i} \partial_{\pi j} F,\ F\} = 0, \ \ i, j = 1, \ldots, 2n, \end{cases} \tag{2}$$

обладает в $(O_{2n}(E'))_4$ ненулевым решением F, не содержащимся ни в $V(F_{B_m})$, ни в $V(F_{D_m})$, где $F_{B_m} = (-x_{2m-2}\, x_{4m-6} - \ldots - x_{3m-5}\, x_{3m-3} + x^{(2)}_{3m-4})(x_1 x_{2m-3} + \ldots + x_{m-2}\, x_m - x^{(2)}_{m-1}) - (x_1 x_{2m-2} + \ldots + x_{2m-3} x_{4m-6})^{(2)}$, $n = 2m - 3$, $m \geqslant 3$; $F_{D_m} = (x_{2m-3}\, x_{4m-8} + \ldots + x_{3m-6}\, x_{3m-5})(-x_{m-1}\, x_{m-2} - \ldots - x_{2m-4}\, x_1) - (x_1\, x_{2m-3} + \ldots + x_{2m-4}\, x_{4m-8})^{(2)}$, $n = 2m - 4$, $m \geqslant 4$. (Под $V(F_{B_m})$, $V(F_{D_m})$ следует понимать совокупность образов F_{B_m}, F_{D_m} относительно элементов из V.)

Сходный подход к изучению градуированных алгебр Ли глубины 1 применяется в [5]. Отметим, что алгебре $L(\varepsilon)$ соответствует элемент $F_{L(\varepsilon)} = (1 + 1/\varepsilon)\, x_1^{(2)} x_2^{(2)}$. С иных позиций связь алгебр $L(\varepsilon)$ с классическими рассматривается в [6]. Отметим, далее, что простые алгебры Ли картановского типа обладают градуировкой вида (1) лишь в тех случаях, когда они попадают в $\Pi_{\rm cl}$. Отметим, наконец, что при доказательстве теоремы 1 устанавливается (теорема 2) сопряженность подалгебр Картана в алгебрах $L \in \Pi_{\rm cl}$ относительно $\mathrm{Aut}_k L$ — факт, хорошо известный при $p = 0$ или $p > 3$, но не доказанный для случая $p = 3$.

Доказательство теоремы 1 составляют теорема 2 и предложения 1—4. Случай $\dim L_{-1} = 2$ можно не рассматривать, поскольку тогда $\dim L \leqslant 10$, и строение L полностью описано в [3], [6], [7]. Далее, в случае $\dim L_{-1} = 4$ в силу неравенства $\mathrm{tr\,ad}^2_L\, \mathfrak{z}(L_0) \neq \{0\}$ и результатов [8] имеем включение $L \in \Pi_{\rm cl}$, так что при необходимости можно считать, что $\dim L_{-1} > 4$. Теорема 1 данной работы (без указания явного вида элемента F_{D_m}) была анонсирована на семинаре по модулярным алгебрам Ли в г. Горьком в 1986 г.

В дальнейшем, если не оговорено противное, принимаются обозначения и соглашения работы [4]. Алгебра $K_{2n+1}(E)$ отождествляется с $O_{2n+1}(E)$, алгебра $H_{2n}(E')$ — с $\mathfrak{m}_{2n}(E')$, причем рассматриваются фиксированные базис $x_1, x_2, \ldots, x_{2n}$ в пространстве E' и дополнение z E' до E.

Предложение 1. *Пусть L — простая алгебра Ли, наделенная градуировкой вида (1), φ — произвольное вложение L как градуированной алгебры Ли в алгебру $K_{2n+1}(E)$ $(2n = \dim L_{-1})$. Тогда $\varphi(L_2) = k(z^{(2)} + F(\varphi))$, где $F(\varphi)$ принадлежит $(O_{2n}(E'))_4$ и удовлетворяет системе (2), и если ψ — еще одно такое вложение, то $F(\psi) \in V(F(\varphi))$.*

Доказательство. Отметим прежде всего, что вложение L как градуированной алгебры Ли в $K_{2n+1}(E)$ возможно согласно [9]. Далее, условие $[\varphi(L_{-2}), \varphi(L_0')] = \langle 0 \rangle$ влечет $\varphi(L_0') \subseteq L_0(H_{2n}(E'))$, а из неприводимости и транзитивности градуировки в L имеем также, что $\varphi(\mathfrak{z}(L_0)) = kz$, $\mathfrak{z}(L_0') = \langle 0 \rangle$. Тогда если $\varphi(L_2)$ содержит элемент вида $\alpha z^{(2)} + zG + F(\varphi)$, $\alpha \in k$, $G \in (O_{2n}(E'))_2$, $F(\varphi) \in (O_{2n}(E'))_4$, то, очевидно, $G \in \varphi(L_0')$, и для $l \in \varphi(L_0') \setminus \mathrm{Zent}_{\varphi(L_0')}(G)$ имеем $[l, \alpha z^{(2)} + zG + F(\varphi)] = z\{l, G\} + \{l, F(\varphi)\}$; отсюда $G = 0$ в силу (1в)). Если, далее, $\alpha = 0$, то

---

[1] Поскольку систему (2) для алгебр Ли с градуировкой вида (1) можно рассматривать и при $p > 3$, то в первой группе ее уравнений нецелесообразно заменять 2 на (—1).

$$kz \notin \sum_{i=0}^{4} (\operatorname{ad} \varphi(L_{-1}))^i (\varphi(L_2)),$$

что противоречит простоте $\varphi(L)$. Справедливость первой группы уравнений системы (2) для элемента $F(\varphi)$ следует теперь из равенства $[[\varphi(L_{-1}), \varphi(L_2)], \varphi(L_2)] = \langle 0 \rangle$, справедливость второй группы — из равенства $[\operatorname{pr}_{L'_0} (\operatorname{ad} \varphi(L_{-1}))^2 (\varphi(L_2)), \varphi(L_2)] = \langle 0 \rangle$. Пусть теперь ψ — еще одно вложение L в $K_{2n+1}(E)$. Поскольку $\varphi(L_i) = \psi(L_i) = L_i(K_{2n+1}(E))$ при $i = -1, -2$, то существует $\rho \in \in \operatorname{End}_k(E')$ с условием $\psi_{L_{-1}} = \rho \circ \varphi_{L_{-1}}$. Если $\bar\rho$ — автоморфизм градуированной алгебры Ли $K_{2n+1}(E)$, индуцированный ρ, то, используя транзитивность, выводим из последнего равенства соотношение $\psi_{L_i} = \bar\rho \circ \varphi_{L_i}$, $i = 0, 1, \ldots$ Предложение 1 доказано.

Если $\mathscr{L}$ — алгебра Ли, T — подмножество в $\mathscr{L}$, то через $\operatorname{alg}(T)$ обозначаем подалгебру в $\mathscr{L}$, порожденную T.

Предложение 2. *Пусть F — элемент $(O_{2n}(E'))_4$, удовлетворяющий системе* (2), $L_i = (\operatorname{ad} L_{-1}(K_{2n+1}(E)))^{2-i}(z^{(2)} + F)$, $i = -2, -1, 1, 2$; $L_0 = \operatorname{alg}(\operatorname{ad} L_{-1}(K_{2n+1}(E)))^2 (z^{(2)} + F)$. *Тогда $L = L_{-2} + \ldots + L_2$ является простой транзитивной градуированной алгеброй Ли, удовлетворяющей условиям* (1).

Доказательство. Отметим прежде всего, что $L_g = L_g(K_{2n+1}(E))$ при $g = -2, -1$ (отсюда сразу вытекает транзитивность L) и что $kz \subseteq L_0$. Справедливость равенства

$$[L_1, L_2] = \langle 0 \rangle \tag{3}$$

следует из первой группы уравнений системы (2), справедливость равенства

$$[\operatorname{pr}_{L_0(H_{2n}(E'))} L_0, L_2] = \langle 0 \rangle \tag{4}$$

— из второй группы уравнений данной системы. Применяя $\operatorname{ad} L_{-1}$ к обеим частям (3) и используя (4) и включение $[z, L_2] \subseteq L_2$, получаем, что $[L_1, L_1] \subseteq \subseteq L_2$; отсюда L — подалгебра в $K_{2n+1}(E)$. Простота L устанавливается стандартным способом.

Лемма. *Пусть $L = L_{-2} + L_{-1} + \ldots$ — градуированная подалгебра в $K_{2n+1}(E)$, причем $L_g = L_g(K_{2n+1}(E))$ при $g = -2, -1$. Пусть, далее, $u_1, u_2, \ldots, u_{2n}$ — произвольный базис E', удовлетворяющий условию*

$$\{u_i, u_j\} = \delta_{j, \pi i}, \quad i \leqslant j. \tag{5}$$

Тогда если L_1 содержит элемент вида $zu_i + G_{u_i}$, $G_{u_i} \in L_1(H_{2n}(E'))$, то для любой пары $\{j, \pi j\}$ с условием $i \neq j$, $i \neq \pi j$ хотя бы один из двух мономов $u_i u_j$, $u_i u_{\pi j}$ имеет ненулевой коэффициент в записи некоторого элемента $D \in L_0$.

Справедливость леммы следует из того, что в качестве элемента D может быть выбран либо $[u_j, zu_i + G_{u_i}]$, либо $[u_{\pi j}, zu_i + G_{u_i}]$.

Предложение 3. *Пусть $L = L_{-2} + \ldots + L_2$ — градуированная подалгебра в $K_{2n+1}(E)$, удовлетворяющая условиям:* 1) $L_g = L_g(K_{2n+1}(E))$ *при* $g = -2, -1$; 2) $L_2 = k(z^{(2)} + F)$, *где* $F \in (O_{2n}(E'))_4$; 3) $\dim L_{-1} > 4$. *Тогда L_{-1} неприводимо над L_0.*

Доказательство. Отметим прежде всего, что для любого $u \in \in L_{-1}(K_{2n+1}(E))$ пространство L_1 содержит элемент $zu + G_u$, где $G_u \in \in L_1(H_{2n}(E'))$. Пусть N — некоторое ненулевое собственное неприводимое L_0-подпространство в L_{-1}. Тогда либо сужение знакопеременной формы $(\ ,\ )$ на L_{-1}, возникающей из лиева умножения, является невырожденным на N, либо N — вполне изотропно относительно данной формы, причем в последнем случае предположим сначала, что N не является максимальным вполне изотропным подпространством в L_{-1}. В обоих случаях $\operatorname{codim}_{L_{-1}} N \geqslant 2$, и существуют элементы $y_1, y_2 \in L_{-1}$, линейно независимые по модулю N

и удовлетворяющие условию $(y_1, y_2) = 1$. Тогда если $\dim N > 2$, то $(ky_1 + ky_2)^0 \cap N \neq \langle 0 \rangle$, и пусть $y' \in (ky_1 + ky_2)^0 \cap N$. Дополняя y_1, y_2, y' до базиса в L_{-1} с условием (5), причем так, чтобы часть его являлась бы базисом в N, и полагая в лемме $y' = u_{\pi i}$, $y_1 = u_j$, $y_2 = u_{\pi j}$, приходим к противоречию с L_0'-устойчивостью N. Если же $\dim N \leqslant 2$, то $\dim N^0 - \dim N \geqslant 2$ и $\dim N^0 > (1/2) \dim L_{-1}$ в силу условия 3), и следовательно, существуют линейно независимые по модулю $N \cap N^0$ элементы $y_1, y_2 \in N^0$ с условием $(y_1, y_2) = 1$. Пусть $y' \in N$. Тогда, снова дополняя y_1, y_2, y' до базиса в L_{-1}, удовлетворяющего (5) и такого, что часть его является базисом в N, и полагая в лемме $y' = u_{\pi i}$, $y_1 = u_j$, $y_2 = u_{\pi j}$, снова приходим к противоречию с L_0'-устойчивостью N. Рассмотрим, наконец, случай, когда N — максимальное вполне изотропное подпространство в L_{-1}. Пусть $u_1, \ldots, u_n, u_{\pi 1}, \ldots, u_{\pi n}$ — произвольный базис L_{-1}, удовлетворяющий (5) и равенству $ku_{\pi 1} + \ldots + ku_{\pi n} = N$. Тогда если $\gamma_{i, j, \pi g, \pi h}(u)$ — коэффициент в F при $u_i u_j u_{\pi g} u_{\pi h}$, то рассуждениями, аналогичными проведенным при доказательстве леммы, показываем, что из L_0'-неприводимости N следуют равенства $\gamma_{i, j, \pi g, \pi h}(u) = 0$ при $\{i; j\} \neq \{g; h\}$, $\gamma_{i, j, \pi g, \pi h}(u) = -1$ при $\{i; j\} = \{g; h\}$. Поскольку базис $u_1' = u_1 + u_2$, $u_{\pi 2}' = u_{\pi 2} - u_{\pi 1}$, $u_i' = u_i$ при $i \neq 1$, $u_{\pi j}' = u_{\pi j}$ при $j \neq 2$ также удовлетворяет (5) и равенству $ku_{\pi 1}' + \ldots + ku_{\pi n}' = N$, и при этом $\gamma_{2, 2, \pi 1, \pi 1}(u') \neq 0$, то снова получаем противоречие. Предложение 3 доказано.

Если $L \in \Pi_{\mathrm{cl}}$, то обозначим через $\alpha_1, \ldots, \alpha_m$ стандартную систему простых корней L в случае $\operatorname{char} k = 0$, и пусть $e_{s_1\alpha_1 + \ldots + s_m\alpha_m}$ — матричный элемент L, являющийся при $\operatorname{char} k = 0$ образующим корневого пространства $L_{s_1\alpha_1 + \ldots + s_m\alpha_m}$.

Теорема 2. *Если $L \in \Pi_{\mathrm{cl}}$, то любые две подалгебры Картана в L сопряжены относительно* $\operatorname{Ant}_k L$.

Доказательство. Пусть M — пространство, на котором действует L, $\mathfrak{h}$ — произвольная подалгебра Картана в L. Согласно [10] (гл. IV, лемма 2) и [11] (теорема 84) $\mathfrak{h}$ действует диагонально на M. Поскольку для случая $L = A_m$ утверждение теоремы 2 уже доказано, то рассмотрим оставшиеся три случая, и пусть (x, y) — соответствующая невырожденная билинейная форма. Пусть, далее, $e_1, \ldots, e_{m'}$ — некоторый базис M, в котором $\mathfrak{h}$ диагональна, $s_{ii'} = (e_i, e_{i'})$, и пусть для определенности $\mathfrak{h}(e_1) = \mathfrak{h}(e_2) = \ldots = \mathfrak{h}(e_q) = \langle 0 \rangle$, $\mathfrak{h}(e_{q+1}) \neq \langle 0 \rangle$, $\ldots$, $\mathfrak{h}(e_{m'}) \neq \langle 0 \rangle$, $M_q = ke_1 + \ldots + ke_q$, $M_q = ke_{q+1} + \ldots + ke_{m'}$. Поскольку диагональное в данном базисе преобразование $H = \operatorname{diag}(h_{11}; \ldots; h_{m'm'})$ принадлежит L тогда и только тогда, когда

$$„s_{ii'} \neq 0 \text{ влечет } h_{ii} + h_{i'i'} = 0“, \tag{6}$$

то $(M_q, \overline{M}_q) = \langle 0 \rangle$; отсюда следует невырожденность формы на M_q. Если $q \geqslant 2$, то существует базис $e_1', e_2', \ldots, e_q'$ в M_q такой, что элемент $H \in \operatorname{End}_k M$, задаваемый условиями $H(e_1') = e_1'$, $H(e_2^1) = -e_2'$, $H(e_3') = \ldots = H(e_q') = 0$, $H(\overline{M}_q) = \langle 0 \rangle$, принадлежит $L \setminus \mathfrak{h}$ и нормализует $\mathfrak{h}$, что невозможно. Итак, $q \leqslant 1$, и если при этом $q = 1$, то $s_{11} \neq 0$. Полагая теперь в (6) $i = i'$, получаем, что $s_{ii} = 0$ при $i > q$. Далее, если i, i', i'' — попарно различные натуральные числа, принадлежащие отрезку $\overline{q+1,\ m'}$, и $s_{i'i} \neq 0$, $s_{i''i} \neq 0$, то $H(e_{i'}) = H(e_{i''})$ для любого $H \in \mathfrak{h}$, и замена в базисе $\overline{M}_q$

$$„e_{i''} \text{ на } e_{i''} + \alpha e_{i'},\ \alpha \in k,“ \tag{7}$$

(с сохранением остальных базисных элементов) не нарушает диагональности $\mathfrak{h}$. Аналогично, диагональность $\mathfrak{h}$ сохраняется при замене вида (7) и в том случае, когда $s_{ii'} \neq 0$, $s_{ii''} \neq 0$. Применяя многократно данные замены, добиваемся того, чтобы при сохранении диагональности $\mathfrak{h}$ каждая строка и каждый столбец матрицы сужения формы на $\overline{M_q}$ содержали бы ровно один ненулевой элемент. Теперь из равенства $\mathrm{Norm}_L \mathfrak{h} \setminus \mathfrak{h} = \varnothing$ следует, что $\dim \mathfrak{h} = (m' - q)/2$, так что $\mathfrak{h}$ необходимо стандартна. Применяя, наконец, перестановку базисных элементов в $\overline{M_q}$, приводим матрицу формы также к стандартному виду. Теорема 2 доказана.

Следствие. а) Алгебра A_m не допускает градуировки вида (1), в алгебрах B_m, C_m, D_m существует единственная (с точностью до изоморфизма) градуировка вида (1); б) в алгебрах B_m и D_m данная градуировка задается условием $\deg e_{\alpha_i} = -\delta_{i,2}$, в алгебре C_m — условием $\deg e_{\alpha_i} = -\delta_{i,1}$.

Справедливость утверждения а) устанавливается рассуждениями, аналогичными проведенным в [12] (предложение 5.2); справедливость утверждения б) проверяется непосредственно.

Предложение 4. *Пусть* $m \geqslant 3$ (*соответственно* $m \geqslant 2$, $m \geqslant 4$), $n = 2m - 3$ (*соответственно* $n = 2m - 2$, $n = 2m - 4$), *и предположим, что алгебра Ли* L *совпадает с* B_m (*соответственно с* C_m, D_m) *и наделена градуировкой* $L = L_{-2} + \ldots + L_2$ *вида* (1). *Тогда для вложения градуированных алгебр* $\varphi : L \to K_{2n+1}(E)$, *определяемого условием* $\varphi_{L_{-1}}(e_{s_2\alpha_2 + \ldots + s_m\alpha_m}) = x_{s_2 + \ldots + s_m}$, $\varphi_{L_{-1}}(e_{\alpha_1 + s_2\alpha_2 + \ldots + s_m\alpha_m}) = x_{4m-5-(s_2 + \ldots + s_m)}$, *элемент* $F(\varphi)$ *предложения* 1 *совпадает с элементом* $F(B_m)$ (*соответственно* $F(\varphi) = 0$ *для произвольного вложения* φ; *для вложения* φ, *определяемого условием* $\varphi_{L_{-1}}(e_{s_2\alpha_2 + \ldots + s_m\alpha_m}) = x_{s_2 + \ldots + s_{m-1} + 2s_m}$, $\varphi_{L_{-1}}(e_{\alpha_1 + s_2\alpha_2 + \ldots + s_m\alpha_m}) = x_{4m-7-s_2-\ldots-s_{m-1}-2s_m}$, *элемент* $F(\varphi)$ *совпадает с элементом* F_{D_m}).

Справедливость предложения 4 следует из включения $(\mathrm{ad}\, L_{-1}(K_{2n+1}(E)))^2 (\mathfrak{z}^{(2)} + F_L) \subseteq \varphi(L_0)$, которое во всех случаях проверяется непосредственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кострикин А. И. Квадраты присоединенных эндоморфизмов в простых p-алгебрах Ли // Изв. АН СССР. Сер. матем.— 1967.— Т. 31.— № 2.— С. 445—487.
2. Премет А. А. Внутренние идеалы в модулярных алгебрах Ли // Весці АН БССР. Сер. фіз.-мат.— 1986.— № 5.— С. 11—15.
3. Кострикин А. И. Параметрическое семейство простых алгебр Ли // Изв. АН СССР. Сер. матем.— 1970.— Т. 34.— № 4.— С. 744—756.
4. Кострикин А. И., Шафаревич И. Р. Градуированные алгебры Ли конечной характеристики // Изв. АН СССР. Сер. матем.— 1969.— Т. 33.— № 2.— С. 251—322.
5. Ермолаев Ю. Б. О простых градуированных алгебрах Ли // Изв. вузов. Математика.— 1980.— № 5.— С. 78—82.
6. Джумадильдаев А. С. К деформациям классических простых алгебр Ли // УМН.— 1976.— Т. 31, вып. 3.— С. 211—212.
7. Джумадильдаев А. С. К деформациям неклассических алгебр Ли // XV Всесоюзная алгебраическая конференция: Тез. докл.— Красноярск, 1979.— С. 51.
8. Brown G. Lie algebras of characteristic three with nondegenerate Killing form // Trans. Amer. Math. Soc.— 1969.— V. 137.— P. 259—268.
9. Ермолаев Ю. Б. К вопросу о картановских продолжениях // Изв. вузов. Математика.— 1982.— № 11.— С. 30—40.
10. Джекобсон Н. Алгебры Ли.— М.: Мир, 1964.— 355 с.
11. Капланский И. Алгебры Ли и локально компактные группы.— М.: Мир, 1974.— 147 с.
12. Кац В. Г. О классификации простых алгебр Ли над полем с ненулевой характеристикой // Изв. АН СССР. Сер. матем.— 1970.— Т. 34.— № 2.— С. 385—408.

г. Казань

Поступила
30.11.1988