МАТЕМАТИКА

УДК 512.542

КОНЕЧНЫЕ РАЗРЕШИМЫЕ ГРУППЫ С МЕТАНИЛЬПОТЕНТНЫМИ МАКСИМАЛЬНЫМИ ПОДГРУППАМИ

А.В. Бузланов

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Гомель, Беларусь

FINITE SOLUBLE GROUPS WITH METANILPOTENT MAXIMAL SUBGROUPS

A.V. Buzlanov

F. Scorina Gomel State University, Gomel, Belarus

Изучается строение конечной разрешимой группы с двумя максимальными подгруппами, принадлежащими локальной подформации формации всех метанильпотентных групп, одна из которых самонормализуема, а другая нормальна в группе.

Ключевые слова: *конечная группа, разрешимая группа, максимальная подгруппа, метанильпотентная группа, локальная формация.*

The structure of a finite soluble group with two maximal subgroups belonging to the local subformation of the formation of all metanilpotent groups, one of which is selfnormalizable and the other is normalizable is studied.

Keywords: *finite group, soluble group, maximal subgroup, metanilpotent groups, local formation.*

Введение

В работе [1] изучались конечные разрешимые группы с нормальной максимальной подгруппой, принадлежащей локальной подформации формации $\mathfrak{N}^2$ всех метанильпотентных групп. В работе [2] рассматривались конечные разрешимые группы с двумя несопряженными самонормализуемыми максимальными подгруппами, принадлежащими локальной подформации формации $\mathfrak{N}^2$. Возникает естественная задача исследования конечной разрешимой группы с двумя максимальными подгруппами, принадлежащими локальной подформации формации $\mathfrak{N}^2$, одна из которых самонормализуема, а другая нормальна в группе. Решению этой задачи посвящена настоящая работа.

Рассматриваются только конечные и разрешимые группы. Обозначения и определения, используемые в работе, можно найти в [3] и [4].

1 Используемые определения и леммы

***Лемма* 1.1.** *Пусть $\mathfrak{F}$ – локальная формация, группа G не принадлежит $\mathfrak{F}$. Если M_1 и M_2 – несопряженные максимальные подгруппы группы G, принадлежащие формации $\mathfrak{F}$, то либо $F(G) \subseteq M_1$, либо $F(G) \subseteq M_2$.*

Доказательство. Не ограничивая общности, будем считать, что $\Phi(G) = 1$.

Предположим, что $F(G) \not\subseteq M_1$ и $F(G) \not\subseteq M_2$. Так как $\Phi(G) = 1$, то по лемме 7.9 из [3] подгруппа $F(G) = N_1 \times \ldots \times N_k$, где $N_1, \ldots, N_k$ – минимальные нормальные подгруппы группы G. Ввиду максимальности M_1 и M_2 группа $G = M_1F(G) = M_2F(G)$. Тогда $G = [N_i]M_1 = [N_j]M_2$ для некоторых $i, j \in \{1, \ldots, k\}$. Если $N_i \neq N_j$, то из условий $G / N_i \simeq M_1 \in \mathfrak{F}$ и $G / N_j \simeq M_2 \in \mathfrak{F}$ следует, что $G \simeq G / (N_1 \cap N_2) \in \mathfrak{F}$, а это невозможно по условию. Следовательно, $N_i = N_j = G^{\mathfrak{F}}$. Тогда M_1 и M_2 являются $\mathfrak{F}$-абнормальными $\mathfrak{F}$-подгруппами группы G. По теореме 15.1 из [3] подгруппы M_1 и M_2 являются $\mathfrak{F}$-проекторами разрешимой группы G. По теореме 15.3 из [3] подгруппы M_1 и M_2 сопряжены, что противоречит условию.

***Лемма* 1.2.** *Пусть $\mathfrak{F}$ – локальная формация, не $\mathfrak{F}$-группа G с единичной подгруппой Фраттини имеет максимальную подгруппу $M \in \mathfrak{F}$ и $F(G) \subseteq M$. Тогда для любой минимальной нормальной подгруппы N группы G, содержащейся в $G^{\mathfrak{F}}$, $C_G(N) \subseteq M$.*

Доказательство. Так как $N \not\subseteq \Phi(G)$, то по следствию 8.1.2 из [3] подгруппа N является $\mathfrak{F}$-эксцентральной минимальной нормальной подгруппой группы G. Так как группа G разрешима, то N есть p-группа для некоторого простого числа p. Следовательно $G / C_G(N) \notin f(p)$ для некоторого внутреннего локального экрана f формации $\mathfrak{F}$.

Предположим, что $C_G(N) \not\subseteq M$. Тогда ввиду максимальности M имеем $C_G(N)M = G$. Так как

$N \subseteq F(G) \subseteq M$, то N – минимальная нормальная подгруппа группы M. Поскольку $M \in \mathfrak{F}$, то $M / C_M(N) \in f(p)$. Но тогда

$$G / C_G(N) = MC_G(N) / C_G(N) \simeq$$
$$\simeq M / (M \cap C_G(N)) = M / C_M(N) \in f(p).$$

Полученное противоречие показывает, что $C_G(N) \subseteq M$.

***Лемма* 1.3.** *Пусть $\mathfrak{F}$ – локальная формация, не $\mathfrak{F}$-группа G имеет максимальные подгруппы $M_1 \lhd G$ и $M_2 \ntriangleleft G$, принадлежащие $\mathfrak{F}$. Тогда $F(G) \subseteq M_1$.*

Доказательство. Не нарушая общности будем считать, что $\Phi(G) = 1$.

Предположим, что $F(G)M_1 = G$. Так как $\Phi(G) = 1$, то по лемме 7.9 из [3] подгруппа $F(G) = N_1 \times ... \times N_k$, где $N_1, ..., N_k$ – минимальные нормальные подгруппы группы G. Ввиду максимальности подгруппы M_1 группа $G = N_i \times M_1$ для некоторого $i \in \{1, ..., k\}$. Так как группа G разрешима и $M_1 \lhd G$, то $|N_i| = |G : M_1|$ есть некоторое простое число p. Поскольку $G / N_i \simeq$ $\simeq M_1 \in \mathfrak{F}$, то $N_i = G^{\mathfrak{F}}$. По лемме 1.1 подгруппа $F(G) \subseteq M_2$. По лемме 1.2 подгруппа $C_G(G^{\mathfrak{F}}) \subseteq M_2$. Так как $M_2 \ntriangleleft G$, то $C_G(G^{\mathfrak{F}}) \subset M_2$. Группа $C_G(G^{\mathfrak{F}})$ является неединичной группой автоморфизмов группы $G^{\mathfrak{F}}$. Поскольку $|G^{\mathfrak{F}}| = p$, то по теореме 2.16 из [4] группа $G / C_G(G^{\mathfrak{F}})$ является абелевой. Тогда $M_2 / C_G(G^{\mathfrak{F}}) \lhd G / C_G(G^{\mathfrak{F}})$, откуда $M_2 \lhd G$. Полученное противоречие показывает, что $F(G) \subseteq M_1$.

***Следствие* 1.3.1.** *Пусть $\mathfrak{F}$ – локальная формация, минимальная не $\mathfrak{F}$-группа G имеет нормальную максимальную подгруппу, не содержащую $F(G)$. Тогда группа G нильпотентна.*

Доказательство. Пусть M_1 – нормальная максимальная подгруппа группы G и $M_1F(G) = G$. Пусть M_2 – максимальная подгруппа группы G. Так как G – минимальная не $\mathfrak{F}$-группа, то $M_1 \in \mathfrak{F}$ и $M_2 \in \mathfrak{F}$. Если $M_2 \ntriangleleft G$, то по лемме 1.3 подгруппа $F(G) \subseteq M_1$, противоречие. Следовательно, все максимальные подгруппы группы G нормальны в G. По теореме 3.13 из [4] группа G нильпотентна.

***Следствие* 1.3.2.** *В группе Шмидта все нормальные максимальные подгруппы содержат подгруппу Фиттинга этой группы.*

***Определение* 1.1.** *Неединичную нормальную p-подгруппу T группы G назовем подгруппой шмидтовского типа в G, если выполняются следующие утверждения:*

1) *если T неабелева группа, то $\Phi(T) =$ $= T' = Z(T)$ – подгруппа экспоненты p;*

2) *если T абелева группа, то она элементарная;*

3) *если $p > 2$, то $exp(T) = p$, если $p = 2$, то $exp(T) = 4$;*

4) *$T / \Phi(T)$ – G-главный фактор и $\Phi(T) =$ $= T \cap \Phi(G) \subseteq Z(T)$.*

2 Основные результаты

***Теорема* 2.1.** *Пусть $\mathfrak{F}$ – локальная подформация формации $\mathfrak{N}^2$, не $\mathfrak{F}$-группа G с $\Phi(G) = 1$ имеет две максимальные подгруппы $M_1 \lhd G$ и $M_2 \ntriangleleft G$, принадлежащие $\mathfrak{F}$. Если $M_1 \supseteq F(G)$ и $M_2 \supset F(G)$, то для любой минимальной нормальной p-подгруппы P группы G, содержащейся в $G^{\mathfrak{F}}$, справедливы следующие утверждения:*

1) *$C = C_G(P) \subset M_1$, $M_1 = [F(G)]H$, где $1 \neq H \in \mathfrak{N}$, M_1 / C – нильпотентная p'-группа, G / C – ненильпотентная группа;*

2) *если $q = |G : M_1|$, то $P = P_1 \times P_1^x \times ... \times P_1^{x^{k-1}}$, где $k \leq q$, $x \in G \setminus M_1$, P_1 – минимальная M_1-допустимая подгруппа группы P, причем $k = q$, если подгруппы P_1 и P_1^x не являются M_1-изоморфными;*

3) *$C \subset M_2$, $M_2 / C = [(M_2 / C)_p]\ (M_2 / C)_{p'}$, где $(M_2 / C)_{p'} \in f(p) \subseteq \mathfrak{N}$ для некоторого локального экрана f формации $\mathfrak{F}$;*

4) *если $q \neq p$, то G / C – p'-группа, M_2 / C – картеровская подгруппа;*

5) *если $q = p$, то $(M_2 / C)_p = (G / C)_p \neq 1$ есть подгруппа порядка p, $F(G / C) = M_1 / C$ – холловская p'-подгруппа группы G / C, $G / C =$ $= (Q / C)(M_2 / C)$, где Q / C – r-подгруппа шмидтовского типа в G / C для некоторого простого числа $r \neq p$, причем либо $Q / C = (G / C)^{\mathfrak{F}}$, если $G / C \not\subseteq \mathfrak{F}$, либо $Q / C = (G / C)^{\mathfrak{N}}$, $M_2 / C \in \mathfrak{N}$, если $G / C \in \mathfrak{F}$.*

Доказательство. По лемме 1.2 подгруппа $C = C_G(P) \subseteq M_1$ и $C \subseteq M_2$. Так как $M_2 \ntriangleleft G$, то $C \subset M_2$. Если $C = M_1$, то $M_1 \subset M_2$, что противоречит максимальности M_1 в G. Следовательно, $C \subset M_1$.

Так как $M_1 \lhd G$, то по теореме 3.22 из [4] $\Phi(M_1) \leq \Phi(G) = 1$. Следовательно, $\Phi(M_1) = 1$. По лемме 7.9 из [3] подгруппа $F(G)$ дополняема

в M_1, т. е. $M_1 = [F(G)]H$. Если $M_1 = F(G)$, то по условию $M_1 \subset M_2$, что противоречит максимальности M_1 в G. Следовательно, $H \neq 1$. Поскольку $M_1 \in \mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{N}^2$, то $M_1^{\mathfrak{N}} \in \mathfrak{N}$. Так как $M_1 \lhd G$, то $M_1^{\mathfrak{N}} \lhd G$ и поэтому $M_1^{\mathfrak{N}} \subseteq F(G)$. Тогда $H \simeq M_1 / F(G) \in \mathfrak{N}$.

Так как $\Phi(G) = 1$, то подгруппа $F(G)$ абелева. Поскольку $P \subseteq F(G)$, то $F(G) \subseteq C_G(P)$. Из условия $M_1 / F(G) \in \mathfrak{N}$ следует, что

$$M_1 / C \simeq (M_1 / F(G)) / (C / F(G)) \in \mathfrak{N}.$$

По лемме 3.9 из [3] группа G / C не имеет неединичных нормальных p-подгрупп. Если R / C – силовская p-подгруппа группы M_1 / C, то из $R / C \lhd M_1 / C \lhd G / C$ следует, что $R / C \lhd G / C$. Значит, $R / C = 1$, т. е. M_1 / C – нильпотентная p'-группа. Если $G / C \in \mathfrak{N}$, то $M_2 / C \lhd G / C$, откуда $M_2 \lhd G$, что невозможно. Следовательно, $G / C \notin \mathfrak{N}$. Утверждение 1) доказано.

Пусть $q = |G : M_1|$. Так как $C \subset M_1$, то по теореме 1 из [1] подгруппа $P = P_1 \times P_1^x \times ... \times P_1^{x^{k-1}}$, где $k \leq q$, $x \in G \setminus M_1$, P_1 – минимальная M_1-допустимая подгруппа группы P. По лемме 1 из [1] формация $\mathfrak{F}$ имеет локальный $\mathfrak{N}$-экран f. Группа G / C действует точно и неприводимо на p-группе P, имеет нормальную подгруппу M_1 / C простого индекса q. Так как $M_1 / C \in \mathfrak{F}$, то M_1 / C действует f-стабильно на P. Пусть $x \in G \setminus M_1$. Если P_1 и P_1^x не являются M_1-изоморфными, то по лемме 2 из [1] $k = q$. Утверждение 2) доказано.

По лемме 1.4 из [2] подгруппа

$$M_2 / C = [(M_2 / C)_p]\ (M_2 / C)_{p'},$$

где $(M_2 / C)_{p'} \in f(p) \subseteq \mathfrak{N}$ и утверждение 3) верно.

Пусть $q \neq p$. Так как

$$|G / C| = |M_1 / C|\,|(G / C) / (M_1 / C)| =$$
$$= |M_1 / C|\,|G : M_1| = |M_1 / C|\,q$$

и M_1 / C есть p'-группа по утверждению 1), то G / C является p'-группой. По лемме 1.4 из [2] M_2 / C – картеровская p'-группа. Утверждение 4) верно.

Теперь положим $q = p$. Тогда G / C является pd-группой, $|G / C| = p\,|M_1 / C|$ и p не делит $|M_1 / C|$. Следовательно, $|(G / C)_p| = p$. По лемме 1.4 из [2] подгруппа $(M_2 / C)_p = (G / C)_p$ и $G / C = F(G / C)(M_2 / C)$. Так как $M_1 / C \lhd G / C$, $M_1 / C \in \mathfrak{N}$ по утверждению 1), то $F(G / C) = M_1 / C$ – холловская p'-подгруппа группы G / C. По лемме 1.5 из [2] группа $G / C = (Q / C)(M_2 / C)$, где Q / C есть r-подгруппа шмидтовского типа в G / C для некоторого простого числа $r \neq p$, причем либо $Q / C = (G / C)^{\mathfrak{F}}$, если $G / C \notin \mathfrak{F}$, либо $Q / C = (G / C)^{\mathfrak{N}}$, $M_2 / C \in \mathfrak{N}$, если $G / C \in \mathfrak{F}$. Утверждение 5) выполняется. Теорема доказана.

Теорема 2.2. *Пусть $\mathfrak{F}$ – локальная подформация формации $\mathfrak{N}^2$, не $\mathfrak{F}$-группа G с $\Phi(G) = 1$ имеет две максимальные подгруппы $M_1 \lhd G$ и $M_2 \ntriangleleft G$, принадлежащие $\mathfrak{F}$. Если $F(G)M_2 = G$, то $G = [G^{\mathfrak{F}}]M_2$, где $G^{\mathfrak{F}}$ – минимальная нормальная подгруппа группы G, $M_1 = [F(G)]H$, где $H \in \mathfrak{N}$ и выполняется одно из следующих условий*:

1) $C = C_G(G^{\mathfrak{F}}) = M_1$, $[G^{\mathfrak{F}}](G / M_1)$ *– группа Шмидта, $p^m \equiv 1(q)$ и m – наименьшее натуральное число с таким свойством, где $p^m = |G^{\mathfrak{F}}|$, $q = |G : M_1|$*;

2) $C \subset M_1$, $G^{\mathfrak{F}} = P_1 \times P_1^x \times ... \times P_1^{x^{k-1}}$, *где $1 \leq k \leq q$, $x \in G \setminus M_1$, P_1 – минимальная M_1-допустимая подгруппа группы $G^{\mathfrak{F}}$ и выполняются следующие утверждения*:

2.1) *если подгруппа P_1 циклическая, $|P_1| = p^r$ и $(r, |M_1 / C|) = 1$, то G / C абелева тогда и только тогда, когда подгруппы P_1 и P_1^x M_1-изоморфны*;

2.2) *если подгруппа P_1 циклическая, $(r, |M_1 / C|) = 1$ и G / C неабелева, то $k = q$*;

2.3) *если G / C абелева, то либо $p^r \equiv 1(q)$ и $P_1 = G^{\mathfrak{F}}$ или $k = q$, либо $p^r \not\equiv 1(q)$, $[P_2](G / M_1)$ – группа Шмидта, причем минимальная $< x >$-допустимая подгруппа P_2 порядка p^t совпадает с $G^{\mathfrak{F}}$ тогда и только тогда, когда $r \mid t$.*

Доказательство. Так как $\Phi(G) = 1$, то по лемме 7.9 из [3] подгруппа $F(G) = N_1 \times ... \times N_k$, где $N_1, ..., N_k$ – минимальные нормальные подгруппы группы G. Из условия $F(G)M_2 = G$, ввиду максимальности подгруппы M_2 следует, что $G = [N_i]M_2$ для некоторого $i \in \{1, ..., k\}$. Поскольку $G / N_i \simeq M_2 \in \mathfrak{F}$, то $N_i = G^{\mathfrak{F}}$ и $G = [G^{\mathfrak{F}}]M_2$, где $G^{\mathfrak{F}}$ – минимальная нормальная подгруппа группы G.

По лемме 1.3 $F(G) \subseteq M_1$. Так как $M_1 \lhd G$, то по теореме 3.22 из [4] подгруппа $\Phi(M_1) \subseteq \Phi(G) = 1$. Следовательно, $\Phi(M_1) = 1$ и по лемме 7.9 из [3] подгруппа $F(G)$ дополняема в M_1, т. е. $M_1 = [F(G)]H$ для некоторой подгруппы H

группы M_1. Поскольку $M_1 \in \mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{N}^2$, то $M_1^{\mathfrak{N}} \in \mathfrak{N}$. Так как $M_1 \lhd G$, то $M_1^{\mathfrak{N}} \lhd G$ и поэтому $M_1^{\mathfrak{N}} \subseteq F(G)$. Тогда $H \simeq M_1 / F(G) \in \mathfrak{N}$.

По лемме 1.2 подгруппа $C = C_G(G^{\mathfrak{F}}) \subseteq M_1$. Возможны два случая.

Первый случай. Подгруппа $C = M_1$. Тогда группа G / M_1 действует на группе $G^{\mathfrak{F}}$ точно и неприводимо. Так как $|G / M_1| = q$ для некоторого простого числа q, $|G^{\mathfrak{F}}| = p^m$ для некоторого простого числа p, то по лемме 3.9 из [3] $q \neq p$ и нетрудно заметить, что $[G^{\mathfrak{F}}](G / M_1)$ – группа Шмидта. По лемме 4.1. из [3] $p^m \equiv 1(q)$ и m – наименьшее натуральное число с таким свойством.

Второй случай. Подгруппа $C \subset M_1$. Тогда группа G / C действует точно и неприводимо на p-группе $C^{\mathfrak{F}}$, имеет неединичную $\mathfrak{F}$-подгруппу M_1 / C индекса q. Так как $\mathfrak{F}$ – локальная подформация формации $\mathfrak{N}^2$, то по лемме 1 из [1] $\mathfrak{F}$ имеет локальный $\mathfrak{N}$-экран f. Поскольку $G^{\mathfrak{F}} \subseteq F(G) \subseteq M_1$, то M_1 / C есть f-стабильная группа автоморфизмов группы $G^{\mathfrak{F}}$. По лемме 2 из [1] $G^{\mathfrak{F}} = P_1 \times P_1^x \times \ldots \times P_1^{x^{k-1}}$, где $1 \leq k \leq q$, $x \in G \setminus M_1$, P_1 – минимальная M_1-допустимая подгруппа группы $G^{\mathfrak{F}}$.

Если P_1 – циклическая группа, $|P_1| = p^r$ и $(r, |M_1 / C|) = 1$, то по лемме 4 из [1] группа G / C абелева тогда и только тогда, когда подгруппы P_1 и P_1^x являются M_1-изоморфными, т. е. выполняется утверждение 2.1). Если G / C неабелева, то по утверждению 2.1) подгруппы P_1 и P_1^x не являются M_1-изоморфными. Тогда по лемме 2 из [1] $k = q$, т. е. выполняется утверждение 2.2).

Если группа G / C абелева и $p^r \equiv 1(q)$, то по лемме 3 из [1] либо $P_1 = G^{\mathfrak{F}}$, либо $k = q$. При условии $p^r \not\equiv 1(q)$ по лемме 3 из [1] $[P_2](G / M_1)$ – группа Шмидта, где P_2 – минимальная $< x >$-допустимая подгруппа группы $G^{\mathfrak{F}}$. Если $|P_2| = p^t$, то $P_2 = G^{\mathfrak{F}}$ тогда и только тогда, когда $r \mid t$. Выполняется утверждение 2.3). Теорема доказана.

***Следствие* 2.2.1.** *Пусть $\mathfrak{F}$ – формация всех сверхразрешимых групп, несверхразрешимая группа G с $\Phi(G) = 1$ имеет две сверхразрешимые максимальные подгруппы $M_1 \lhd G$ и $M_2 \ntriangleleft G$. Если $F(G)M_2 = G$, то $G = [G^{\mathfrak{F}}]M_2$, где $G^{\mathfrak{F}}$ – минимальная нормальная подгруппа группы G, подгруппа $M_1 = [F(G)]H$, где $H \in \mathfrak{N}$, и выполняется одно из следующих условий*:

1) $G^{\mathfrak{F}} = P_1 \times P_1^x \times \ldots \times P_1^{x^{q-1}}$, *где P_1 – минимальная M_1-допустимая подгруппа группы $G^{\mathfrak{F}}$, $x \in G \setminus M_1$, $q = |G : M_1|$*;

2) $[G^{\mathfrak{F}}](G / M_1)$ – *группа Шмидта.*

Доказательство. Так как $G^{\mathfrak{F}}$ является $\mathfrak{F}$ – эксцентральным главным фактором G, то по лемме 5.9 из [3] $m > 1$, если $|G^{\mathfrak{F}}| = p^m$ для некоторого простого числа p. Поскольку

$$P_1 \subseteq G^{\mathfrak{F}} \subseteq F(G) \subseteq M_1 \in \mathfrak{F},$$

то P_1 – $\mathfrak{F}$-центральный главный фактор группы M_1 и по лемме 5.9 из [3] $|P_1| = p$.

Если $C = C_G(G^{\mathfrak{F}}) = M_1$, то по теореме 2.2 $[G^{\mathfrak{F}}](G / M_1)$ – группа Шмидта. Если же $C \subset M_1$, то по утверждению 2.2) теоремы 2.2 $G^{\mathfrak{F}} = P_1 \times P_1^x \times \ldots \times P_1^{x^{q-1}}$, если группа C / G неабелева. В случае, когда G / C абелева, из утверждения 2.3) теоремы 2.2 следует, что либо $p \equiv 1(q)$ и $G^{\mathfrak{F}} = P_1 \times P_1^x \times \ldots \times P_1^{x^{q-1}}$, так как $P_1 \subset G^{\mathfrak{F}}$, либо $p \not\equiv 1(q)$ и $[G^{\mathfrak{F}}](G / M_1)$ – группа Шмидта.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бузланов, А.В.* Конечные разрешимые группы с нормальной максимальной метанильпотентной подгруппой / А.В. Бузланов // Вопросы алгебры: межведомств. сб. / Мин-во обр. Республики Беларусь, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины; редкол.: Л.А. Шеметков [и др.] – Гомель. – 1995. – Вып. 8. – С. 22–30.

2. *Бузланов, А.В.* Конечные разрешимые группы с несопряженными метанильпотентными максимальными подгруппами / А.В. Бузланов // Проблемы физики, математики и техники. – 2011. – № 2 (7) – С. 52–57.

3. *Шеметков, Л.А.* Формации конечных групп / Л.А. Шеметков. – М.: Наука. – 1978. – 272 с.

4. *Монахов, В.С.* Введение в теорию конечных групп и их классов: учебное пособие / В.С. Монахов. – Мн.: Вышэйшая школа. – 2006. – 207 с.

Поступила в редакцию 01.10.14.