

Научная статья
УДК 656.25
doi:10.46684/2687-1033.2021.4.435-441

Сигнализация на железнодорожном транспорте России. История возникновения и развития

А.И. Присяжненко

Лиховской техникум железнодорожного транспорта филиал Ростовского государственного университета путей сообщения (ЛитЖТ – филиал РГУПС); г. Каменск-Шахтинский, Россия; shahmatist1950@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Развитие человечества невозможно без средств сигнализации. Сигнализация в любых сферах деятельности человека всегда являлась средством обеспечения безопасности. Одна из таких сфер — железнодорожный транспорт, эволюция которого и, соответственно, средств сигнализации началось в XIX в.

По мере технического прогресса в России эволюционировали и средства сигнализации, которые прошли путь от простейших звуковых и оптических сигналов до современных, использующих спутниковые технологии.

В результате этого процесса система сигнализации на железнодорожном транспорте, ее средства претерпели серьезные изменения. Примитивные способы подачи команд — оптических (диск, флажок) и звуковых (свисток) — участниками движения были потеснены более современными средствами сигнализации, в работе которых задействуются микропроцессорная техника и спутниковые технологии. Естественно, в технической эволюции человечества он вызывает интерес у ученых и просто любознательных людей, так как знание этапов зарождения и развития сигнализации позволяет современникам совершенствовать ее и не забывать основы этой области жизнедеятельности человека.

Примером современной сигнализации может служить автоматическая локомотивная сигнализация единого ряда непрерывного типа (АЛС-ЕН). Сигнал данного вида сигнализации более информативен: в нем содержится информация о количестве свободных блок-участков впереди поезда, а также о допустимой скорости его движения.

Сигнализация на железнодорожном транспорте — не догма. Это доказывает история железных дорог мира и, в частности, России. Ее развитие предопределено эволюцией технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики, так как именно эта система стоит на первом месте в вопросах обеспечения безопасности движения поездов на железнодорожных магистралях России.

Ключевые слова: сигнализация; железнодорожный транспорт; сигнал; семафор; светофор; история; оптическая сигнализация; звуковая сигнализация; техническая эволюция; информация; система сигнализации; исследования

Для цитирования: Присяжненко А.И. Сигнализация на железнодорожном транспорте России. История возникновения и развития // Техник транспорта: образование и практика. 2021. Т. 2. Вып. 4. С. 435–441. <https://doi.org/10.46684/10.46684/2687-1033.2021.4.435-441>.

Original article

Signaling on the railway transport of Russia. History of origin and development

Alexey I. Prisyazhnenko

Likhovsky Technical School of Railway Transport — branch of the Rostov State Transport University (RSTU); Kamensk-Shakhtinsky, Russian Federation; shahmatist1950@gmail.com

ANNOTATION

The development of humanity is impossible without means of signaling. Signaling in any sphere of human activity has always been a means of ensuring the safety of his life. One of these areas was railway transport, the development of which and, accordingly, signalling facilities began in the early 19th century.

With the progress of technological progress in Russia, signaling tools have also evolved, which have gone from the simplest sound and optical signals to modern ones using satellite technologies. Naturally, this path in the

© А.И. Присяжненко, 2021

technical evolution of mankind is of interest to scientists and just curious people, since knowledge of the stages of the origin and development of signaling allows contemporaries to improve it and at the same time not forget the basics of this area.

As a result of this process, the signaling system on railway transport, its means have undergone serious changes. Primitive ways of giving commands – optical (disk, flag) and sound (whistle) to the participants of the movement were pushed by more modern means of signaling, which already involve microprocessor technology and satellite technologies.

An example of modern signaling means is the automatic locomotive signaling of a single row of continuous type (ALS-EN). The signal of this type of signaling is more informative: it contains information about the number of free block sections ahead of the train, as well as about the permissible speed of its movement.

Keywords: signaling; railway transport; signal; semaphore; traffic light; history; optical signaling; sound signaling; technical evolution; information; alarm system, research.

For citation: Prisyazhnenko A.I. Signaling on the railway transport of Russia. History of origin and development. *Transport technician: education and practice*. 2021;2(4):435–441. (In Russ.). <https://doi.org/10.46684/10.46684/2687-1033.2021.4.435-441>.

ВВЕДЕНИЕ

Сигнализация в жизни всех живых существ на Земле имеет разносторонние формы проявления. Ею пользуются и животные, и человек. Она необходима, так как от нее зависит безопасность. Технический прогресс также не обошелся без средств сигнализации, которые совершенствовались по мере его эволюции. Не стал исключением и железнодорожный транспорт, развитие которого началось с создания в 1804 г. англичанином Тревитиком первого паровоза. Сигнализация стала основополагающим звеном в системе обеспечения безопасности движения поездов.

История развития сигнализации на железнодорожном транспорте неоднократно находила отражение в трудах ученых мира и России. Эта тема затрагивалась в работе «Из истории звуковой сигнализации на железнодорожном транспорте» кандидатов технических наук Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I Г.К. Зальцмана и А.П. Пронина [1]. Аналогичным вопросам посвящена часть I «Сигнализация и связь на железных дорогах» публикации кандидата технических наук Н.В. Лупала «Развитие устройств СЦБ в период империализма (1906–1917)» [2] и другие его работы, такие как «Развитие устройств СЦБ в период промышленного капитализма (1861–1900)». Часть 1: Развитие науки и техники в области железных дорог» [3], «Развитие устройств СЦБ в период промышленного капитализма (1861–1900)». Часть 2: Развитие сигнализации» [4], «Развитие устройств СЦБ в период промышленного капитализма (1861–1900)». Часть 3: Регулирование движения на перегонах» [5], «Развитие устройств СЦБ в период империализма (1906–1917)». Часть 1: Сигнализация и связь на железных дорогах» [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Необходимость создания сигнализации возникла сразу после строительства железных дорог и появления железнодорожного транспорта. Первыми сигналами были свисток паровоза, звон станционного колокола. В дальнейшем появились и другие, которые стали подразделяться на оптические и звуковые.

Первым оптическим сигналом был плетеный шар, который с помощью лебедки поднимался или опускался. В результате машинист паровоза получал информацию, можно или нельзя двигаться вперед. Конечно, данный сигнал был довольно неудобным в эксплуатации, так как приведение шара в соответствующее ситуации положение требовало определенного времени, что не обеспечивало безопасность движения даже при той небольшой скорости, с которой двигались поезда того периода. Естественно, потребовалась более совершенная форма сигнализации, так возник семафор.

Появился семафор в России в середине XIX в., когда для создания сети железных дорог стали привлекаться иностранные специалисты — английские и французские инженеры. В Европе в это время уже использовался данный тип сигнализации, поэтому европейские специалисты начали внедрять семафоры на строящихся железных дорогах Санкт-Петербург – Москва, Москва – Нижний Новгород.

Первый семафор был изобретен англичанином Ч. Грегори в 1842 г. Особенность семафора заключалась в том, что сигналом к следованию было опущенное крыло на 45 градусов относительно мачты (рис. 1). Это серьезная недоработка английской сигнализации, так как в случае обрыва управляющего троса семафор принимал разрешающее показание — крыло в нижнем положении, что создавало угрозу безопасности движения в виде приема поезда на занятый путь.

В скором времени диски семафоров заменили на фонари, что позволило гарантировано подавать сигналы машинисту в любое время суток.



Рис. 1. Семафор английской системы сигнализации

Следует отметить, что до 1873 г. на железных дорогах России не существовало единой системы сигнализации. Доходило до того, что даже на одной железной дороге применялись различные средства сигнализации, сигнальные показания которых значительно отличались от сигналов на соседних станциях.

Для наглядности парадоксов системы сигнализации того времени можно привести бывшую Николаевскую железную дорогу, где использовались двукрылые семафоры, в которых запрет входа поезда на станцию сигнализировался одним красным в ночное время, а в дневное время таким сигналом служило горизонтальное положение крыла. Одновременно на этой станции могли применяться семафоры, в которых сигналом запрета для движения служили два красных огня ночью и два крыла в горизонтальном положении днем.

На этой же дороге разрешением на прием на одних станциях могло даваться семафорами с сочетанием зеленого и красного огней ночью или смешанным положением крыльев днем, в то время как на других станциях аналогичное значение имели один или два зеленых огня.

Такое положение с «разношерстностью» сигнализации не благоприятствовало безопасности движения поездов, а наоборот, часто служило причиной серьезных аварий и крушений.

И только в январе 1873 г. была создана относительно безопасная система сигнализации. Примечательной особенностью сигнализации того времени было то, что зеленый сигнальный цвет предписывал машинисту уменьшение скорости, а белый цвет означал разрешение проследовать станцию без остановки, т.е. на ходу. Объяснялось это легкостью смены запрещающего (красного) сигнала на разрешающий (белый) сигнал путем удаления из горящего фонаря красного светофильтра. Однако

такое положение не избавляло от появления разрешающего (белого) сигнала в случае повреждения красного светофильтра злоумышленником (рис. 2).



Рис. 2. Сигнальный фонарь стрелочника

Предпосылкой к разработке современной трехзначной и четырехзначной системы сигнализации стало предложение инженера А. Радцига, который в 1903 г. рекомендовал ввести зеленый огонь в качестве разрешающего показания, желтый — в качестве предупредительного сигнала. Но эта идея не нашла поддержки среди специалистов железных дорог России.

С изданием в 1909 г. «Общих правил сигнализации» основным средством сигнализации стал семафор, диски, как средства сигнализации, разрешались на малодейственных однопутных линиях второстепенного значения. Данными правилами предполагались повторные предупредительные диски, а также электрические повторители семафоров в помещении дежурного по станции.

Эпохальным событием в истории сигнализации на железнодорожном транспорте стало появление светофоров (рис. 3).



Рис. 3. Светофор

Благодаря светофорам появилась возможность не только повысить безопасность движения поездов, но и увеличить пропускную способность станций и перегонов. Данный вид сигнализации позволил автоматизировать процесс изменения сигнальных показаний, так как светофоры явились частью новых систем управления железнодорожным транспортом: электрической централизации на станциях и автоматической блокировки на перегонах.

Теперь дежурному по станции достаточно было нажать кнопку на пульте управления, чтобы светофор принял соответствующее сигнальное показание, т.е. значительно сократился процесс управления движением поездов на станции. Что касается перегонных систем автоблокировки, то здесь управление сигнальными показаниями проходных светофоров начало осуществляться автоматически, под воздействием движущегося поезда.

Первой системой светофорной сигнализации стала трехзначная система: красный — стой, впереди лежащий участок занят; желтый — снизить скорость, впереди лежащий участок свободен, но следующий за ним участок занят; зеленый — разрешается следовать с установленной скоростью. В дальнейшем, когда повысились скорости движения поездов и возникла потребность в повышении информированности машинистов о состоянии блок-участков, была создана четырехзначная система сигнализации. Благодаря этой системе машинист осведомлен о состоянии уже четырех блок-участков вместо трех при трехзначной сигнализации.

Интересно, что конструкция светофора в процессе развития сигнализации также претерпела эволюцию. Первые светофоры, получившие название «линзовые», имели специальный комплект для каждого сигнального показания, конструктивно состоявшего из патрона с низковольтной лампой накаливания и системы короткофокусных ступенчатых линз (бесцветной и цветной). Ламподержатель устанавливался таким образом, что лампа мощностью 15 или 25 Вт находилась на оптической оси фокусов линз.

Так как первые светофорные комплекты не обеспечивали требуемую видимость сигнала в кривых участках пути, в дальнейшем в конструкцию линзового комплекта было внесено дополнение — бесцветный рассеиватель, который обеспечивал рассеивание потока света в горизонтальной плоскости. Эта конструкция используется и в настоящее время, однако конструкторская мысль не стоит на месте, что приводит к появлению новых решений. Причины поиска новых конструкций светофорных комплектов — громоздкость конструкции линзовых светофоров, что вызывало

неоправданно большой расход металла, а также низкая энергосберегаемость.

Первым результатом конструкторских поисков стало создание прожекторного светофора, конструкция которого устраняла недостатки линзового светофора.

Прожекторный комплект представлял собой специальный механизм, который обеспечивал сигнализацию тремя основными цветами, оптическим источником которых служила всего лишь одна лампа мощностью 5 или 10 Вт (в зависимости от назначения светофора). Смену показаний прожекторного светофора выполняла подвижная рамка с обмоткой и тремя светофильтрами (красный, желтый и зеленый), положение которой определялось наличием и полярностью подаваемого в обмотку тока (рис. 4).



Рис. 4. Прожекторный светофор

Однако в процессе эксплуатации прожекторных светофоров установлен опасный недостаток в работе подвижной рамки со светофильтрами: в результате потери подвижности рамки светофор мог сигнализировать более разрешающим показанием. Было принято решение об отказе от данной конструкции светофора.

Последней разработкой специалистов стал светофор со светодиодной светооптической системой (ССС). Светодиодная система относится к энергосберегающим средствам сигнализации и позволяет в четыре раза снизить энергопотребление в дневном режиме и в десять раз — в ночном.

ССС состоит из матрицы со светодиодами, линз Френеля, печатной платы с резисторами. Светодиодная головка имеет токовый контроль, что позволяет контролировать исправность светодиодов. Светооптическая система имеет большой угол рассеивания светового потока, что значительно улучшает видимость сигналов. Противоударное

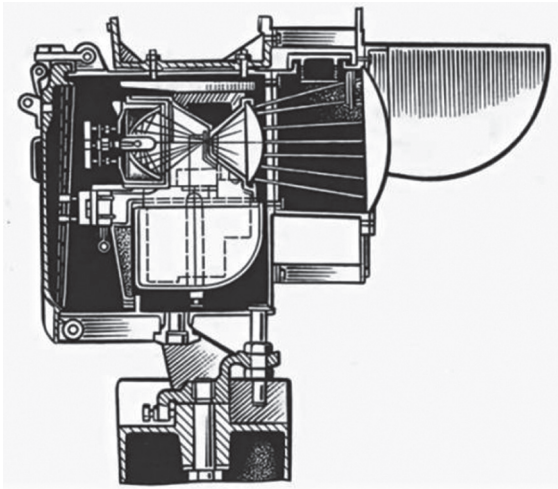


Рис. 5. Светофорная головка со светодиодной светооптической системой

защитное стекло надежно оберегает систему от вандалов (рис. 5).

Использование светодиодов в качестве источника света дало возможность увеличить срок службы ССС до 20 лет, что несравнимо больше срока эксплуатации предшествующих систем светофорной сигнализации (максимальный срок эксплуатации светофорных ламп накаливания составляет один год).

Однако практика показала, что и ССС имеет свои недостатки. Например, отсутствие светофильтра вызывает катафотный эффект, связанный с отражением светодиодной системой лучей солнца, локомотивного прожектора. Отраженные лучи, попав в глаза машиниста, способны вызвать у него ложное восприятие сигнала светофора при фактическом его отсутствии, что не наблюдается в линзовых светофорах (рис. 6).

Приведенные выше факты свидетельствуют о том, что проблемы существующих систем светофорной сигнализации до сих пор не устранены и в дальнейшем требуется серьезная работа в этом направлении.

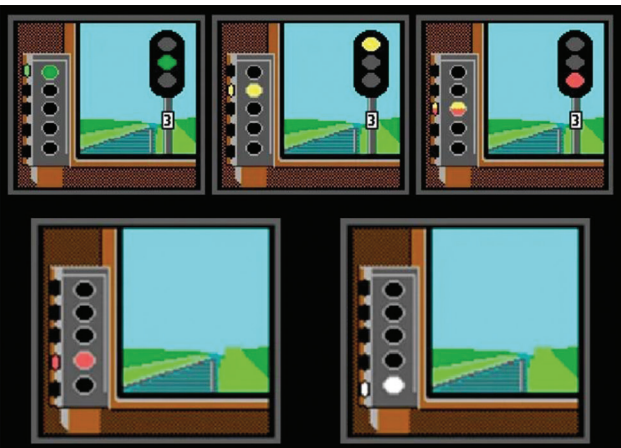


Рис. 6. Катафотный эффект ССС

Нельзя не отметить, что определенная работа по предотвращению ложного восприятия сигнала светофора уже проводилась ранее. Ее результатом стало появление автоматической локомотивной сигнализации (АЛС), позволившей машинисту иметь в кабине локомотива достоверную информацию о сигнале впереди находящегося светофора, который дублировался на локомотивном светофоре.

Локомотивный светофор имел несколько отличную от светофоров сигнализацию: зеленый, желтый, желто-красный, красный, белый (рис. 7). Если зеленый и желтый загорался при аналогичных сигналах напольного светофора, то желто-красный — при запрещающем красном сигнале напольного светофора, а красный — при проезде светофора с красным сигналом. Белый сигнал загорался при отсутствии в рельсах кодовых сигналов АЛС.



Рис. 7. Сигнализация локомотивного светофора

С возникновением оптических сигналов необходимость в звуковых сигналах не ушла в историю. Объясняется это тем, что для данного вида сигнализации не требуется дополнительное специальное оборудование. Также одним из преимуществ звуковых сигналов является тот факт, что они воспринимаются человеком независимо от визуального контакта с их источниками и быстрее, нежели визуальный (оптический).

С помощью звуковых сигналов машинист получал информацию о действиях, которые ему предписывалось выполнить. Была создана определенная система подачи сигналов, которая неукоснительно соблюдается и в настоящее время.

Звуковые сигналы подаются свистками локомотивов, духовыми рожками и подразделяются на сигналы оповещения и сигналы тревоги.

Оповестительные сигналы дает машинист локомотива поезда, приближающегося к раздельным

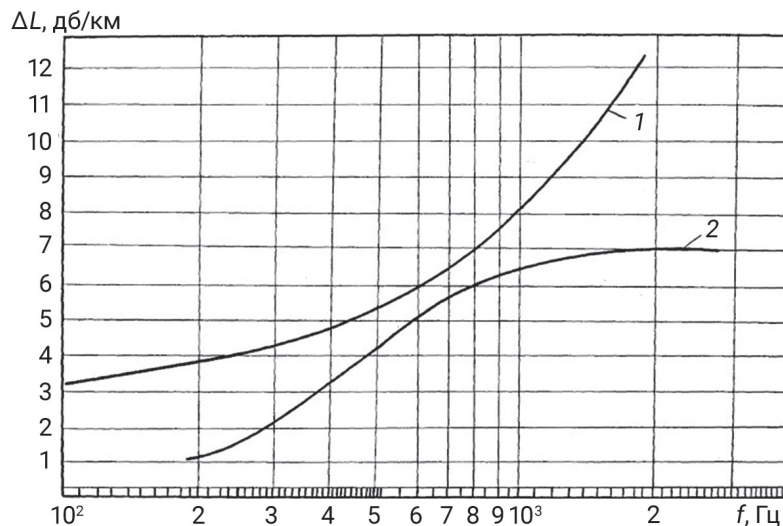


Рис. 8. Графики затухания звука

пунктам и переездам, а также к сигнальным знакам, предписывающим уменьшение скорости или подачу звукового сигнала.

Этот вид звуковых сигналов применяется при приближении к искусственным сооружениям; месту проведения работ, указанному в предупреждении; а также в других случаях, определенных ОАО «РЖД».

Особо следует выделить сигнал бдительности, который подается при внештатной ситуации, возникшей в результате неисправности устройств железнодорожной автоматики.

О тревоге сигнализируют при возникновении ситуаций, угрожающих жизни человека, а именно: при химическом и радиационном заражении местности, пожаре, воздушном нападении на объекты транспорта. В других случаях при возникновении опасности для жизнедеятельности человека и инфраструктуры железнодорожного транспорта подается сигнал общей тревоги.

Сигналы тревоги можно давать не только свистками локомотива, но и ударами о металлический предмет, например, рельс. Передача сигналов тревоги ударами имеет свою особенность: длинные звуковые сигналы передаются в виде серии чередующихся друг за другом ударов; короткие — редкими, четко отделяемыми друг от друга ударами по количеству требуемых коротких звуков.

В результате научных исследований распространения звука над поверхностью Земли и конкретно над железнодорожным полотном были установлены факторы, влияющие на эффективность использования звуковой сигнализации. Графики, представленные на рис. 8, наглядно демонстрируют картину распространения звуковых сигналов над поверхностью Земли (график 1) и над железнодорожным полотном (график 2). Как видно, над железнодорожным полотном звук распро-

страняется на меньшее расстояние, нежели над поверхностью Земли.

Используемая в данных исследованиях формула устанавливала зависимость мощности воспринимаемого человеком звукового сигнала от расстояния от источника этого сигнала, а также от акустического сопротивления воздуха. Зависимость затухания звукового сигнала от его частоты довольно незначительна, и этот параметр был исключен из перечня факторов, способных повлиять на распространение звуковых сигналов.

Вместе с тем изучение показало, что дальность распространения звукового сигнала зависит от метеорологических условий. Учеными отмечается, что при равных условиях на железных дорогах Англии звуковые сигналы распространяются значительно лучше, нежели, например, в Италии. Ученые указывают, что на распространение звука влияют такие погодные факторы, как турбулентность атмосферы, туман и ветер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сигнализация на железнодорожном транспорте — не догма. Это доказывает история железных дорог мира и, в частности, России. Ее развитие предопределено эволюцией технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики, так как именно эта система стоит на первом месте в вопросах обеспечения безопасности движения поездов на железнодорожных магистралях России.

Не исключено, что в недалеком будущем человечество откажется от традиционных средств сигнализации, перейдя на новые технологии передачи информации. Свидетельством тому являются современные системы автоматики и телемеханики, работающие на микропроцессорной основе с использованием спутниковых систем связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зальцман Г.К., Пронин А.П. Из истории звуковой сигнализации на железнодорожном транспорте // Автоматика на транспорте. 2018. Т. 4. № 3. С. 482–494.
2. Лупал Н.В. Развитие устройств СЦБ в дореформенный период (до 1861 г.) // Автоматика на транспорте. 2015. Т. 1. № 2. С. 212–229.
3. Лупал Н.В. Развитие устройств СЦБ в период промышленного капитализма (1861–1900 гг.). Часть 1: Развитие науки и техники в области железных дорог // Автоматика на транспорте. 2015. Т. 1. № 3. С. 338–346.
4. Лупал Н.В. Развитие устройств СЦБ в период промышленного капитализма (1861–1900 гг.). Часть 2: Развитие

- сигнализации // Автоматика на транспорте. 2015. Т. 1. № 4. С. 452–460.
5. Лупал Н.В. Развитие устройств СЦБ в период промышленного капитализма (1861–1900 гг.). Часть 3: Регулирование движения на перегонах // Автоматика на транспорте. 2016. Т. 2. № 1. С. 149–156.
6. Лупал Н.В. Развитие устройств СЦБ в период империализма (1906–1917 гг.). Часть 1: Сигнализация и связь на железных дорогах // Автоматика на транспорте. 2017. Т. 3. № 1. С. 148–156.

REFERENCES

1. Zal'tsman G.K., Pronin A.P. A historical introduction to the sound signaling on railway transport. *Automation on Transport*. 2018;4(3):482-494. (In Russ.).
2. Lupal N.V. Development of SCB devices in the pre-reform period (before 1861). *Automation on Transport*. 2015;1(2):212-229. (In Russ.).
3. Lupal N.V. Development of SCB devices in the period of industrial capitalism (1861-1900). Part 1: Development of science and technology in the field of railways. *Automation on Transport*. 2015;1(3):338-346. (In Russ.).

4. Lupal N.V. Development of SCB devices in the period of industrial capitalism (1861-1900). Part 2: Development of signaling. *Automation on Transport*. 2015;1(4):452-460 (In Russ.).
5. Lupal N.V. Development of SCB devices during the period of industrial capitalism (1861-1900). Part 3: Traffic regulation on the stages. *Automation on Transport*. 2016;2(1):149-156 (In Russ.).
6. Lupal N.V. Development of SCB devices in the period of imperialism (1906-1917). Part 1: Signaling and communication on railways. *Automation on Transport*. 2017;3(1):148-156. (In Russ.).

Об авторе

Алексей Иванович Присяжненко — преподаватель; Лиховской техникум железнодорожного транспорта филиал Ростовского государственного университета путей сообщения (ЛитЖТ — филиал РГУПС); 347820, Ростовская область, г. Каменск-Шахтинский, мкр. Лиховской, пер. Строителей, д. 27 А; shahmatist1950@gmail.com.

Bionotes

Alexey I. Prisyazhnenko — lecturer; Likhovsky Technical School of Railway Transport — branch of the Rostov State Transport University (RSTU); 27 A Builders Lane, Kamensk-Shakhtinsky, 347820, Rostov region, Kamensk-Shakhtinsky, Russian Federation; shahmatist1950@gmail.com.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 08.07.2021; одобрена после рецензирования 22.09.2021; принята к публикации 30.10.2021.
The article was submitted 08.07.2021; approved after reviewing 22.09.2021; accepted for publication 30.10.2021.