

**ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ЭЛЕМЕНТОВ**

**DATA MEASURING SYSTEM OF MONITORING STRESS-STRAIN BEHAVIOUR OF BEARING ENGINEERING STRUCTURES AND ELEMENTS**

**С.В. Сергеев<sup>1,2</sup>, Е.Д. Воробьев<sup>3</sup>**

**S.V. Sergeev<sup>1,2</sup>, E.D. Vorobyev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,  
Россия, 428015, г. Чебоксары, ул. Ленина, 6

<sup>2</sup> ОАО «ВИОГЕМ», Россия, 308007, г. Белгород, ул. Б. Хмельницкого, 86

<sup>3</sup> Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

<sup>1</sup> Chuvash State University named after I.N. Ulianov, 6 Lenina St, Cheboksary, 428015, Russia

<sup>2</sup> VIOGEM JSC, 86 B. Khmel'nitsky St, Belgorod, 308007, Russia

<sup>3</sup> Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: sergev.sergeev.v@mail.ru; vorobev@bsu.edu.ru

**Аннотация**

Изложена методика организации информационной оценки напряженного состояния крепи шахтного ствола. Система основана на дистанционном получении информации от замерных станций в крепи. Разработаны блок-схема обработки экспериментальных данных, блок-схема организации измерений, схема управления удаленными коммутаторами. Схема позволяет оценить уровень напряженного состояния крепи для принятия управляющих решений.

**Abstract**

The article describes the methods of organizing assessment of tensioned state in shaft support. The system is based on a remote data reception from gauging stations located in the support. A process chart for experimental data processing has been developed, as well as a measuring process chart and a remote switching units control chart. The chart enables to assess the level of the support tensioned state for the purpose of taking controlling decisions.

**Ключевые слова:** вертикальные стволы, крепь, замерные станции, напряжения, блок-схема, блок преобразования, импульс возбуждения, коммутатор сигнала, организационная система, интерфейс.

**Keywords:** vertical shafts, support, gauging stations, tensions, process chart, conversion unit, pulse excitation, signal switching unit, organizational system, interface.

---

Проблему обеспечения безопасности и надежности зданий и сооружений I-го уровня ответственности можно решать при помощи информационно-измерительной системы мониторинга напряженно-деформированного состояния несущих строительных конструкций и элементов. Разработанная нами информационно-измерительная система

включает комплекс приборов и устройств, автоматизированное рабочее место (АРМ), программное обеспечение (ПО).

Информационно-измерительная система предназначена для:

- обеспечения безопасности граждан путём автоматического мониторинга в режиме реального времени напряженно-деформированного состояния несущих строительных конструкций и элементов;

- своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения напряженно-деформированного состояния несущих строительных конструкций и элементов, которое может привести к их разрушению и повлечь за собой переход объекта в ограниченно работоспособное или аварийное состояние, гибель людей;

- контроля и формирования банка данных о параметрах изменения напряженно-деформированного состояния несущих строительных конструкций и элементов;

- автоматизированного мониторинга в режиме реального времени напряженно-деформированного состояния несущих строительных конструкций и элементов путем получения всей необходимой информации от установленных в них первичных преобразователей по цифровым каналам связи.

Областью использования информационно-измерительной системы являются:

- измерения деформаций бетона;
- измерения деформаций арматуры;
- измерения усилий в арматуре.

Блок-схема предлагаемого решения представлена на рисунке 1.

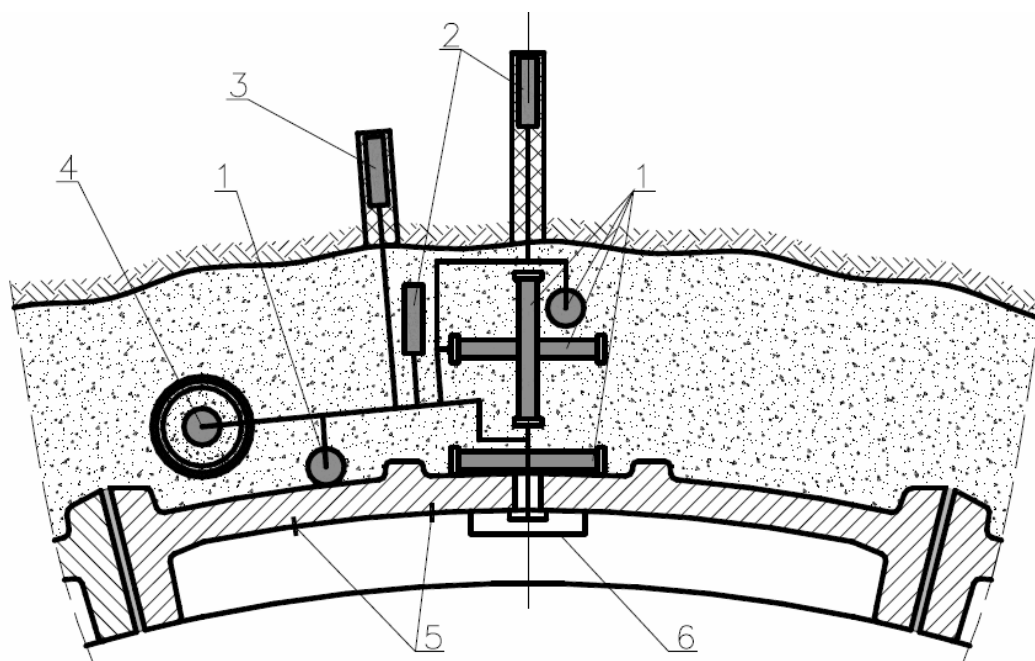


Рис. 1. Схема расположения приборов в группе в горизонтальной плоскости (двухслойная крепь):  
1 – струнные деформометры в бетоне и на спинке тубингов; 2 – температурные датчики в бетоне и в породе; 3 – датчик порового давления; 4 – усадочный цилиндр;  
5 – замерные базы;

6 – клеммный щиток для многожильного кабеля

Fig. 1. The layout of the instruments in the group in the horizontal plane (two-layer support):  
1 – string deformometers in concrete and on the back of tubing; 2 – temperature sensors in concrete and in rock; 3 – pore pressure sensor; 4 – shrink cylinder; 5 – measuring bases; 6 – terminal strip for multicore cable

Ранее нами была предложена блок-схема (рис. 2) обработки экспериментальных данных, полученных от замерных станций [Сергеев и др., 2015; Сергеев, Воробьев, 2015].

Дальнейшая работа направлена на разработку автоматизации получения, обработки и анализа информации по замерным станциям.

Блок-схема предлагаемого решения представлена на рисунке 3.



Рис. 2. Блок-схема обработки экспериментальных данных [по: Сергеев и др., 2015; Сергеев, Воробьев, 2015]  
Fig. 2. Block diagram of experimental data processing [by: Sergeev et al., 2015; Sergeev, Vorobyov, 2015]

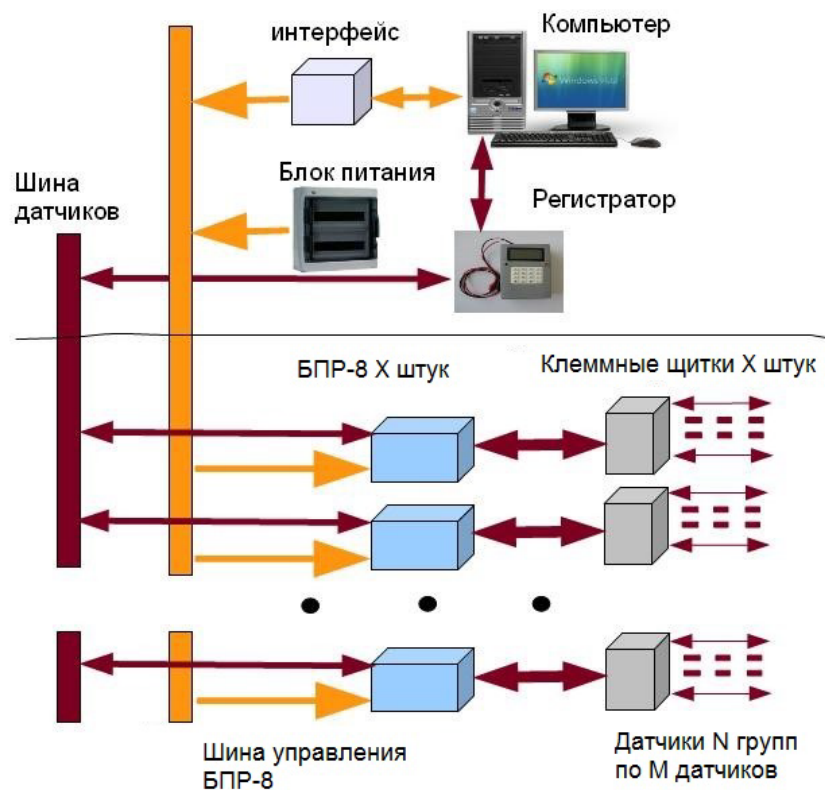


Рис. 3. Блок-схема по организации информационно-измерительной системы  
 Fig. 3. Block diagram of the organization of the information and measuring system

Для реализации слаботочной электрической сети используются блоки преобразования (БПР), которые при совместной работе с ПЭВМ являются аппаратным средством преобразования и сбора данных с измерительных струнных преобразователей с электромагнитным импульсным возбуждением (ИСП).

Блок БПР представляет собой набор платы устройства управления, устройства коммутации и импульсного модуля питания, розетки RS 422 для подключения к ПЭВМ. Сигналы от ИСП поступают на соединители устройства коммутации. Связь блока БПР с ПЭВМ обеспечивается посредством последовательных интерфейсов передачи цифровой информации RS 422.

Принцип действия блока БПР основан на опросе по программе, заложенной в ПЭВМ, подключенных к нему ИСП, формировании импульсов запроса, возбуждающих колебания струны ИСП, и измерении периода затухающих электрических колебаний синусоидальной формы, поступающих с выхода ИСП.

Измерение периода ответных сигналов ИСП основано на счетно-импульсном принципе, при применении которого счетное устройство подсчитывает количество поступающих на его вход импульсов опорной частоты за время, равное ста измеряемым периодам. Устройство управления принимает команды запроса, поступающие по интерфейсу RS 422 от ПЭВМ. Команды запроса содержат следующую информацию: номер блока; номер канала; режим работы; амплитудное значение импульса возбуждения; значение задержки начала измерения.

В рабочем режиме устройство управления вырабатывает сигналы адреса и управления. Сигналы адреса подаются на устройство коммутации, при этом входы ИСП, подключенного к выбранному каналу, коммутируются на схему измерения. Сигналы управления формируют временную диаграмму заданного режима работы.

Для управления удаленными коммутаторами сигнала от датчиков применяется схема, приведенная на рисунке 4.

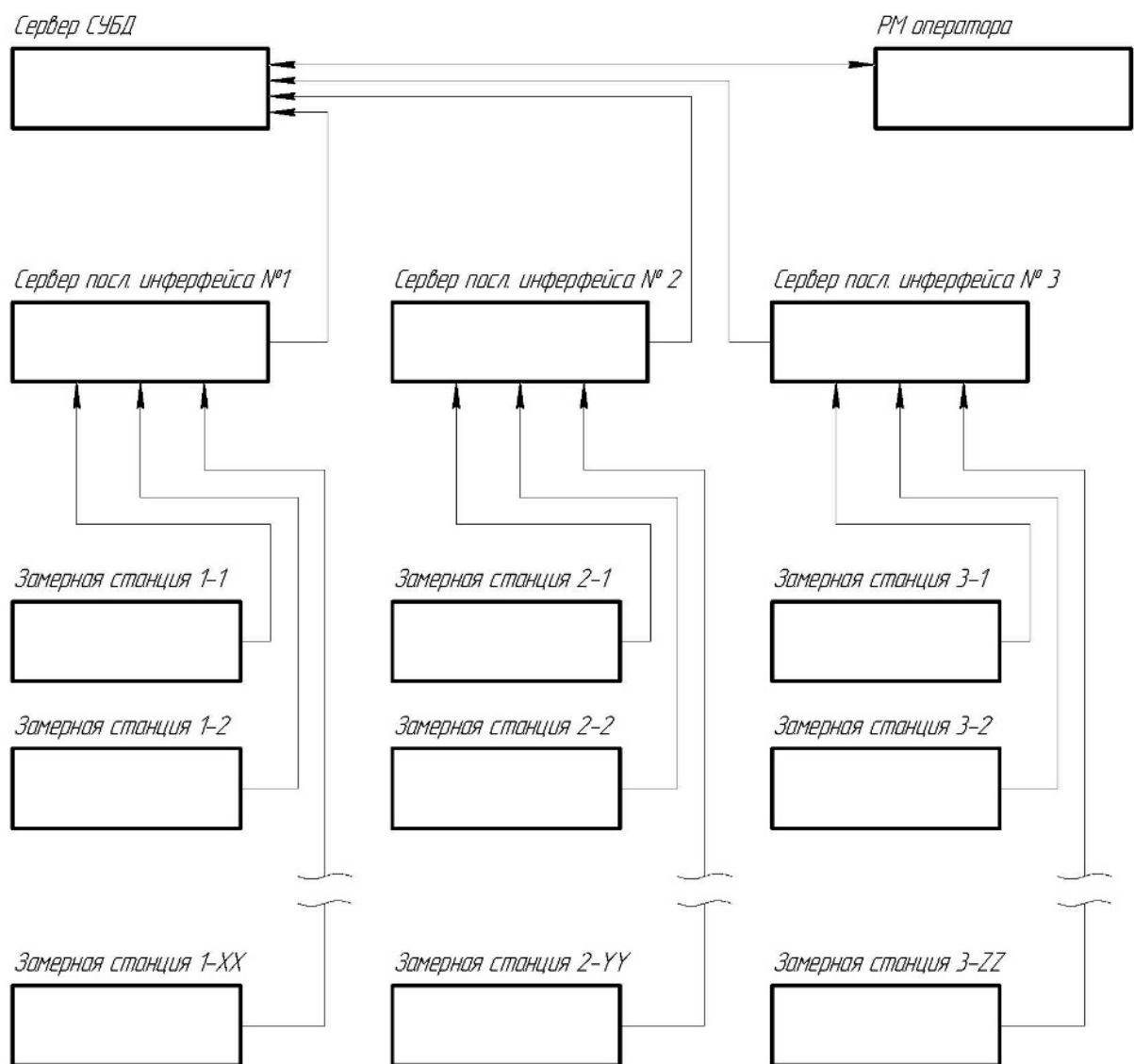


Рис. 4. Схема управления удаленными коммутаторами сигнала от датчиков, где:  
 XX – количество замерных станций на объекте № 1; YY – количество замерных станций  
 на объекте № 2; ZZ – количество замерных станций на объекте № 3  
 Fig. 4. The scheme for controlling remote signal switches from sensors, where:  
 XX – number of measuring stations at facility № 1; YY – the number of measuring stations  
 at facility № 2; ZZ – number of gauging stations at facility № 3

Сервер последовательного интерфейса автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора и сервер системы управления базой данных (СУБД) соединены между собой локальной вычислительной сетью стандарта Ethernet.

Сервер СУБД по расписанию подключается к серверам последовательных интерфейсов, получает данные с замерных станций и записывает информацию в базу данных. Во время записи информации в базу данных также производится расчёт необходимых физических величин. На рабочем месте оператора клиентское программное обеспечение получает данные о параметрах замерных станций с сервера СУБД и обрабатывает их.

Схема подключения нескольких блоков БПР к ПЭВМ по интерфейсу RS 422 представлена на рисунке 5. В этом случае расстояние  $S$  (длина витой пары) между ПЭВМ и оконечным блоком БПР не должна превышать 1200 м.

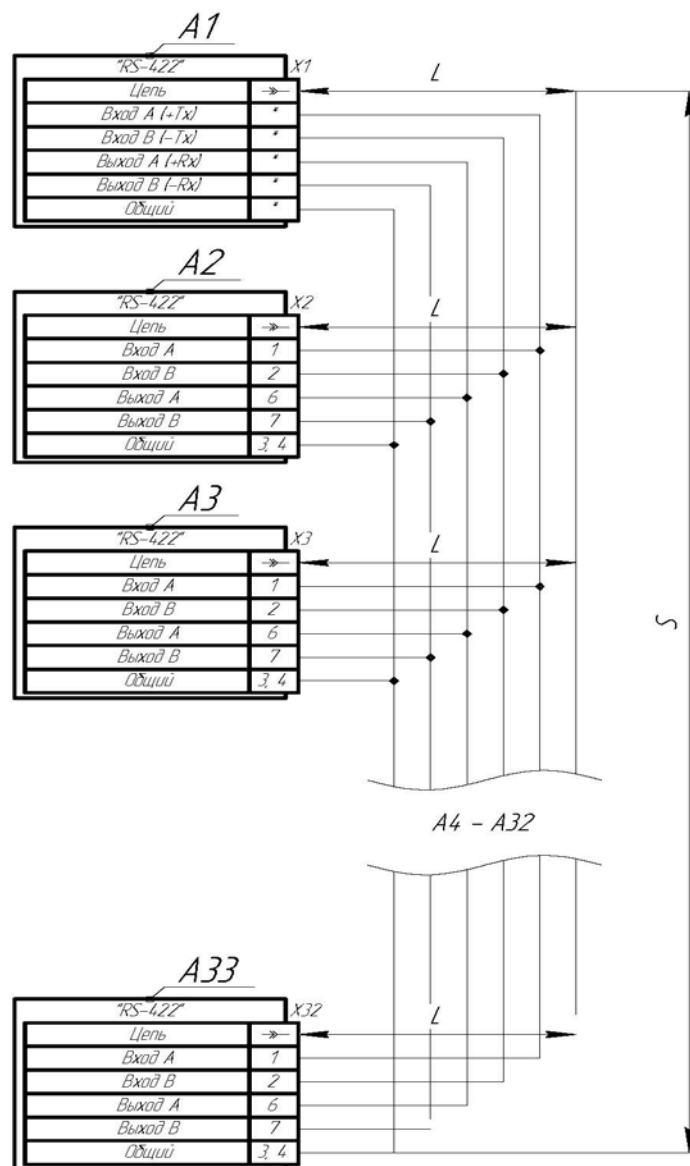


Рис. 5. Блок-схема по организации системы комплекса замерных станций, где:  
 \* – номера контактов на розетке X1 в зависимости от номеров контактов на вилке RS 422 платы с интерфейсом RS 422, установленной в сервере последовательного интерфейса;  
 A1 – сервер последовательного интерфейса RS 422; A2 ... A33 – блок преобразователя БПР;  
 X1 – розетка DB-9M; X2 ... X33 – розетка ОНЦ-БС-2-7/12-Р12-1-В  
 Fig. 5. Block diagram of the organization of the system of a complex of measuring stations, where:  
 \* – the number of contacts on the X1 outlet depending on the contact numbers on the RS 422 plug of the RS 422 interface card installed in the serial server; A1 – Serial interface server RS 422;  
 A2 ... A33 – converter unit BPR; X1 – socket DB-9M; X2 ... X33 – socket ONC-BS-2-7/12-P12-1-B

Кабели, используемые для подачи напряжения питания переменного тока, должны иметь сечение провода не менее  $1.0 \text{ мм}^2$  и быть рассчитаны на номинальное напряжение не менее 500 В. При выборе и использовании высоковольтных кабелей нужно соблюдать правила электробезопасности. ИСП необходимо подключать проводами минимально возможной длины. Для подключения блока БПР-8 к ПЭВМ по интерфейсу RS 422 необходимо использовать экранированные витые пары длиной не более 1200 м.

Разработанная нами информационно-измерительная система внедряется на одном из месторождений. Она может быть использована для обеспечения безопасности и надежности подземных зданий и сооружений.

#### Список литературы References

1. Булычев Н.С., Абрамсон Х.И. 1978. Крепь вертикальных стволов шахт. М., 301.  
Bulychev N.S., Abramson H.I. 1978. Krep' vertikal'nyh stvolov shaht [Fastening of vertical shafts]. Moscow, 301. (in Russian)
2. Булычев Н.С. 1982. Механика подземных сооружений. М., 270.  
Bulychev N.S. 1982. Mehanika podzemnyh sooruzhenij [Mechanics of underground structures]. – Moscow, 270. (in Russian)
3. Булычев Н.С., Сергеев С.В. 1996. Исследование нагрузок на крепь стволов в условиях рудника «Скалистый» Норильского ГМК. В кн.: Геомеханика в горном деле – 96. Тезисы докладов Международной конференции. Екатеринбург: 151–152.  
Bulychev N.S., Sergeev S.V. 1996. Investigation of loads on the trunk supports in the conditions of the "Skalisty" mine of the Norilsk Mining and Metallurgical Company. In: Geomehanika v gornom dele – 96 [Geomechanics in Mining – 96]. Abstracts of the International Conference. Ekaterinburg: 151–152. (in Russian)
4. Казикаев Д.М., Борисов О.П., Сергеев С.В. 1980. Наблюдения за состоянием крепи и массива горных пород в стволе № 2 Яковлевского рудника. *Шахтное строительство*, (12): 15.  
Kazikaev D.M., Borisov O.P., Sergeev S.V. 1980. Observations of the state of the support and rock mass in the trunk № 2 of the Yakovlevsky mine. *Shahtnoe Stroitel'stvo*, (12): 15. (in Russian)
5. Казикаев Д.М., Сергеев С.В., Черныш Л.С. 1990. Нагружение крепи ствола, сооружаемого в солях. В кн.: Механика подземных сооружений. Сборник научных трудов ТПИ. Тула: 67–72.  
Kazikaev D.M., Sergeev S.V., Chernysh L.S. 1990. Load the support of the trunk, which is constructed in salts. In: Mehanika podzemnyh sooruzhenij [Mechanics of underground structures]. Collection of scientific works of TPI. Tula: 67–72. (in Russian)
6. Казикаев Д.М., Сергеев С.В., Борисов О.П. 1990. Устойчивость комбинированной крепи стволов при нагрузках, близких к предельным. *Горный журнал*, (1): 19–21.  
Kazikaev D.M., Sergeev S.V., Borisov O.P. 1990. Stability of the combined support of trunks under loads close to the limiting. *Gornyj Zhurnal*, (1): 19–21. (in Russian)
7. Сергеев С.В., Зинченко А.В., Воробьев Е.Д. 2015. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа для ЭВМ. Оценка технического состояния основных видов несущих конструкций подземных выработок по измеренным деформациям “Stvol-V”».  
Sergeev S.V., Zinchenko A.V., Vorob'ev E.D. 2015. Certificate of state registration of the computer program "Computer program. Assessment of the technical condition of the main types of load-bearing structures of underground excavations according to the measured strains "Stvol-V". (in Russian)
8. Сергеев С.В., Воробьев Е.Д. 2015. Применение компьютерных технологий при натурных наблюдениях в стволах. В кн.: Специализированная выставка. Горное дело. Технологии. Оборудование. Спецтехника. VI Уральский промышленный форум. Екатеринбург: 145–147.  
Sergeev S.V., Vorob'ev E.D. 2015. The use of computer technology in field observations in trunks. In: Spetsializirovannaya vystavka. Gornoe delo. Tekhnologii. Oborudovanie. Spetstekhnika [Specialized Exhibition. Mining. Technologies. Equipment. Special equipment]. VI Ural Industrial Forum. Ekaterinburg: 145–147. (in Russian)
9. Шойхет Л.А., Сидоренко Ю.И., Ольховиков Ю.П., Гоменюк В.И. 1973. Автоматизация контроля крепи шахтных стволов. В кн.: Труды ГГГХС. Вып. 24. Шахтное строительство в горнотехнической промышленности: 48–51.  
Shojhet L.A., Sidorenko Ju.I., Ol'hovikov Ju.P., Gomenjuk V.I. 1973. Automation of control of mine shaft fastening. In: Trudy GGGGHS. Iss. 24. Mine construction in the mining industry: 48–51. (in Russian)