УДК 622.81:622.333

М.В. Хиврин

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ШАХТНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ БАЗЫ ДАННЫХ

Аннотация. Многофункциональные системы безопасности угольных шахт (МФСБ) предназначены для предотвращения аварийных ситуаций при возникновении различных видов опасностей геодинамического, аэрологического и техногенного характера путем применения систем и средств противоаварийной защиты и оперативного контроля соответствия технологических процессов заданным параметрам. Требования к шахтным многофункциональным системам безопасности изложены в ГОСТ Р 55154-2012. Создание новых или модернизация старых систем контроля, управления и безопасности сопровождается использованием современных технических средств дистанционной связи, а также программного обеспечения, что неизбежно увеличивает нагрузку на используемые каналы шахтной связи. МФСБ состоит из нескольких подсистем, информационные потоки которых определяют содержание разделов базы данных, связанных с состоянием автоматических устройств, оборудования, приборов, а также с действиями персонала в нормальном, предаварийном и аварийном состоянии шахты. Концептуальная (инфологическая) модель данных МФСБ может быть использована при проектировании реляционной базы данных для конкретной задачи.

Ключевые слова: рудничная атмосфера, аэрологические параметры, взрывозащищенный, угольная шахта, подсистема, технические средства, управление, контроль, оператор, база данных, концептуальная модель, безопасность, эффективность, время реакции, контроль функционирования, противоаварийная защита, оперативность, достоверность.

DOI: 10.25018/0236-1493-2019-01-0-216-227

Многофункциональная система безопасности угольной шахты (МФСБ) — это специализированная сложная техническая система, объединяющая (на основе единого программно-аппаратного комплекса с общей информационной средой и единой базой данных) подсистемы и технические средства, выполняющая одновременно несколько функций безопасности, снижающая риски, обусловленные несколькими видами и источниками опасностей, предназначенная для защиты шахты от различных угроз и обеспечивающая осуществление нормального производственно-технологического процесса. Это автоматизированная, иерархически сложная система, обеспечивает решение задач по организации и осуществлению безопасного производства и информационной поддержки контроля и управления технологическими и производственными процессами в нормальных и аварийных (техногенные аварии, пожары, природно-климатические воздействия) условиях.

В случае возникновения на шахте угрожающей или чрезвычайной ситуации должны срабатывать автоматические тех-

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 1. С. 216–227.
© М.В. Хиврин. 2019.

нические средства подсистем МФСБ и обеспечиваться формирование тревожного извещения для оповещения персонала шахты и осуществляться передача и прием соответствующей оперативной информации по каналам связи.

МФСБ представляет собой совокупность электрических, электронных и программируемых технических средств и программного обеспечения (рис. 1—3), объединенных в подсистемы функционального назначения, обеспечивающих:

• предотвращение условий возникновения различных видов опасности геодинамического, аэрологического и техногенного характера;

• оперативный контроль соответствия технологических процессов заданным параметрам;

• работоспособность систем противоаварийной защиты людей и оборудования;

• уменьшение ущерба от произошедшей аварии.

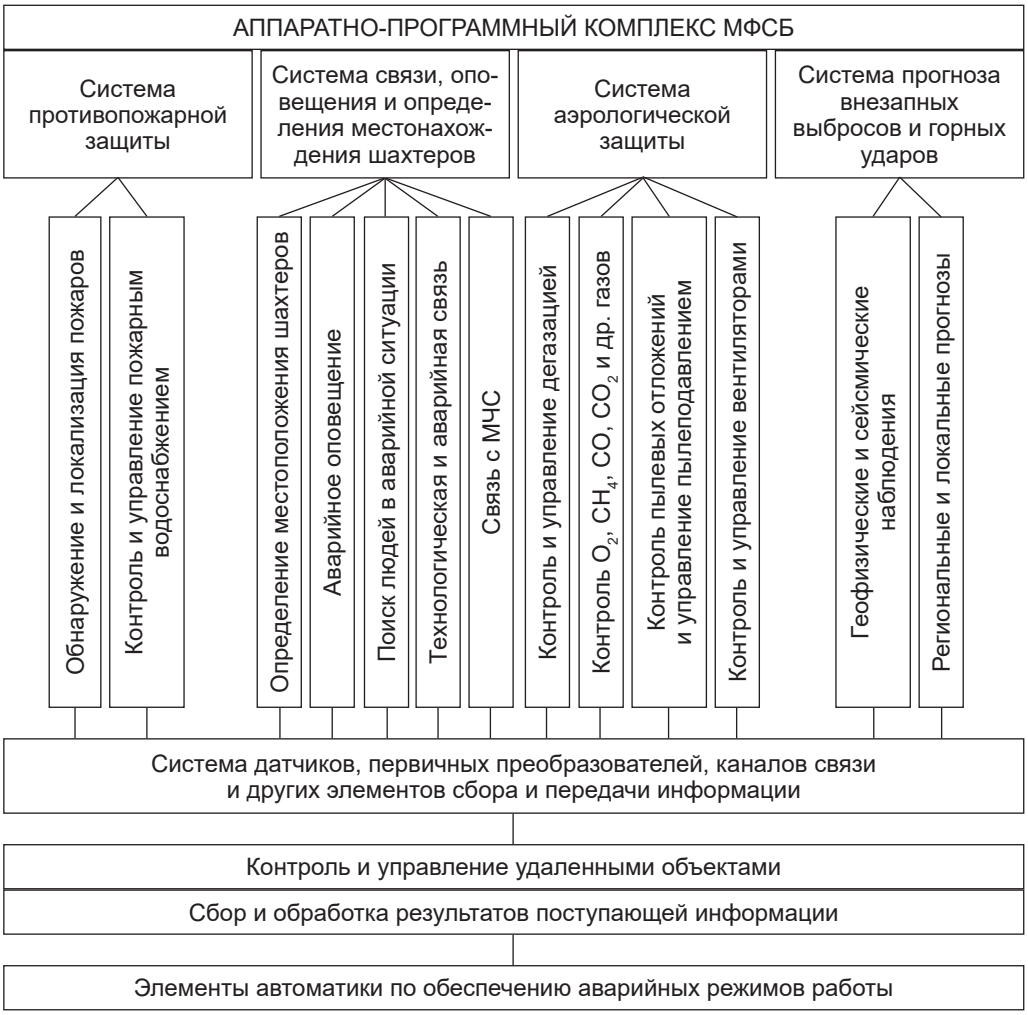


Рис. 1. Функциональная схема технической реализации МФСБ
Fig. 1. MFMS system function chart

Структура МФСБ:

• система аэрологической защиты (контроль и управление стационарными вентиляторными установками, вентиляторами местного проветривания, газоотсасывающими и дегазационными установками; контроль содержания кислорода, метана, оксида углерода, диоксида углерода и других вредных газов; контроль пылевых отложений и управление пылеподавлением);

• система контроля состояния горного массива, контроля и прогноза внезапных выбросов и горных ударов и деформационного контроля массива горных пород;

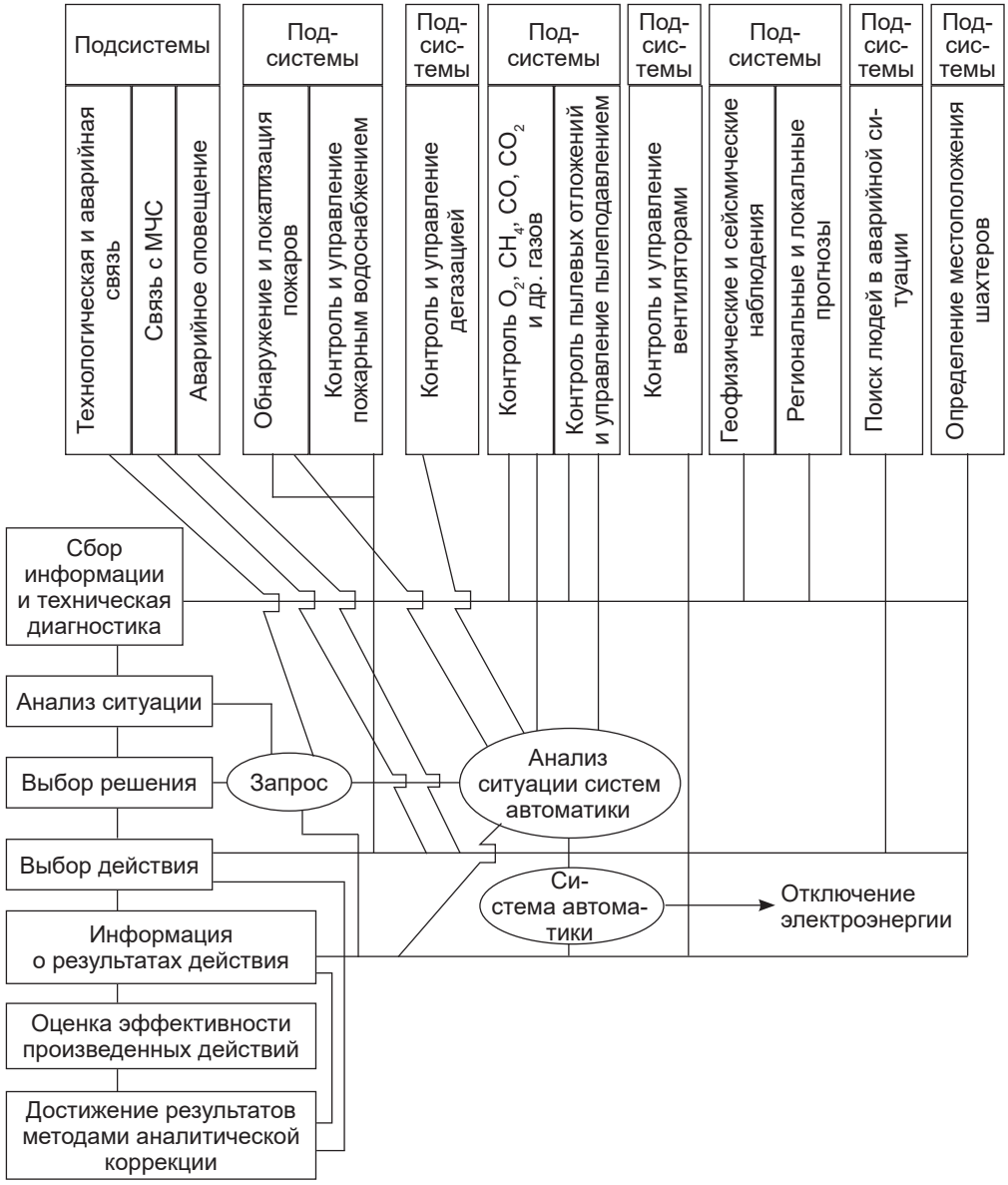


Рис. 2. Алгоритм прохождения информационных потоков в подсистемах МФСБ
Fig. 2. Algorithm of information flows in MFMS subsystems



Рис. 3. Алгоритм функций поступления и обработки информационных потоков в МФСБ
Fig. 3. Algorithm of functions of information flow occurrence and processing in MFMS

• система противопожарной защиты (обнаружение и локализация ранних признаков эндогенных и экзогенных пожаров, контроль и управление пожарным водоснабжением);

• система связи, оповещения и определения местоположения персонала (наблюдение и определение местоположения персонала в подземных выработках; аварийное оповещение с возможностью передачи сообщений об аварии персоналу независимо от его местонахождения; поиск и обнаружение людей, застигнутых аварией; оперативная, технологическая, громкоговорящая и аварийная подземная связь; прямая телефонная и дублирующая ее альтернативная связь с аварийной горноспасательной службой, обслуживающей шахту).

Эффективность функционирования МФСБ определяют на основе системы показателей, каждый из которых описывает одну из характеристик функций системы: оперативность, устойчивость и достоверность приема и передачи информации, высокая надежность контроля и управления, безопасность работы системы в целом.

Аэрологическая защита является одной из основных составляющих МФСБ. От надежной работы подсистемы аэрогазового контроля в значительной степени зависит безопасность работ на угольных шахтах. Своевременное обнаружение опасной концентрации газа позволяет избежать больших материальных и человеческих потерь.

Информационные потоки МФСБ

Качество результатов обработки данных определяется достоверностью исходной информации, сбоями и отказами

технических средств, недостатками в программировании. Одной из характерных особенностей проектируемой информационной системы является большая вероятность обработки одновременно поступающих сигналов от многих периферийных устройств (рис. 2, 3). При этом должно быть обеспечено преимущество прохождения аварийных сигналов и быстродействие.

Подпрограммы обработки прерываний, вызванные внешними сигналами, должны иметь минимальный объем, а в самой системе должна быть предусмотрена вспомогательная буферизация.

Требования по времени реакции могут быть заданы по каждой подсистеме в зависимости от конкретных условий работы.

Правильно спроектированная система должна характеризоваться минимальными показателями времени реакции на события. В оперативных системах управления среднее время реакции не должно превышать нескольких секунд, а для оператора — должен обеспечиваться режим реального масштаба времени.

Требования к программным средствам

Сбор данных должен осуществляться автоматически, непрерывно или в циклическом режиме с постоянным или переменным интервалом обращения к контролируемому параметру с погрешностями, соответствующими требованиям действующих нормативных документов. При этом должно быть предусмотрено выполнение тестирования (самодиагностики) исправности технических средств.

При этом должен осуществляться (автоматически и непрерывно) контроль технических средств:

- отказ датчиков;
- выход сигналов за пределы диапазона возможных значений;
- короткое замыкание или обрыв линии питания подземных устройств контроля и управления;
- короткое замыкание или обрыв линии передачи данных между датчиками и контроллерами, между контроллерами и наземными устройствами сбора и обработки информации.

Информация о выявленных неисправностях должна отображаться по ме-

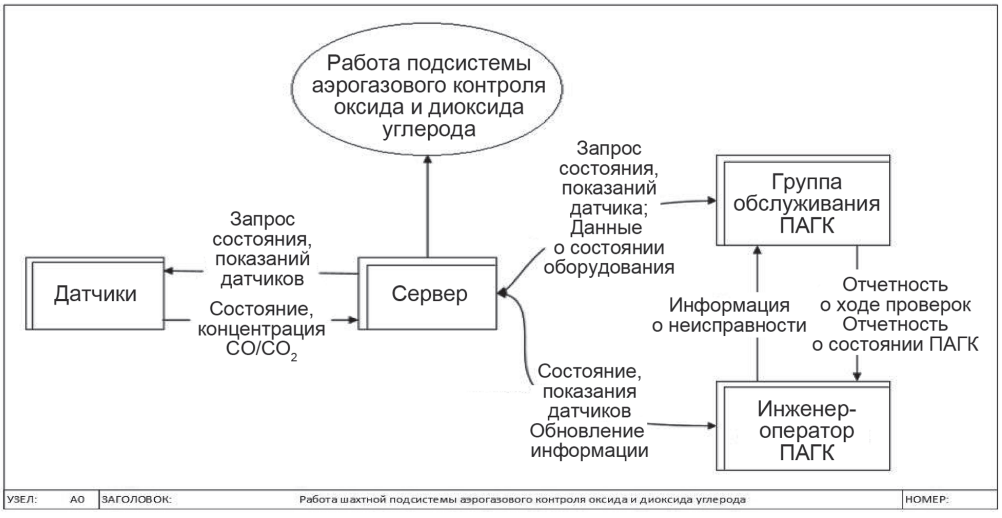


Рис. 4. Диаграмма потоков данных (DFD)
Fig. 4. Data flow diagram (DFD)

сту установки технического средства и на рабочем месте инженера-оператора.

Контроль функционирования программного обеспечения:

• определение и сигнализация отказа отдельных программ (программных модулей или вычислительных процессов);

• документирование (в электронном виде) запусков, отказов, остановок отдельных программ.

Диаграмма потоков данных подсистемы контроля концентрации оксида (CO) и диоксида углерода (CO_2) показана на рис. 4.

Состав программного комплекса

Структура программного комплекса показана на рис. 5.

Интерфейс программного комплекса — обеспечивает управление работой всего программного продукта: управляет потоками данных, позволяет работать со всеми модулями и блоками ПК, обеспечивает взаимосвязь между модулями и блоками.

База данных входных параметров технических устройств — содержит структурированный список физических и технических параметров всех технологических устройств.

Файловый блок настроек проекта — предназначен для хранения, редактирования и выбора настроек проекта.

Файловый блок выходных данных — предназначен для хранения файлов состояния устройств и их показаний в формате .txt.

Модуль 2D-визуализации — позволяет просматривать состояние в режиме реального времени или за выбранный промежуток времени.

В качестве примера на рис. 6 представлена функциональная схема модели информационной подсистемы контроля CO, CO_2.

Модель состоит из следующих блоков:

• блок управления — управление моделью системы аэрогазового контроля в динамическом режиме за выбранный временной период отчетных суток или в пошаговом режиме с заданным интервалом;

• блок анализа показаний датчиков за базовый период;

• блок анализа скорости изменения показаний датчиков — формирует массив данных скоростей изменения показаний датчиков;

• блок корректировки и фильтрации данных — фильтрация некорректных показаний датчиков (в режимах проверки и настройки датчиков, в случаях потери информации из-за повреждений линий связи и т.п.);

• блок контроля поступления информации от датчиков;

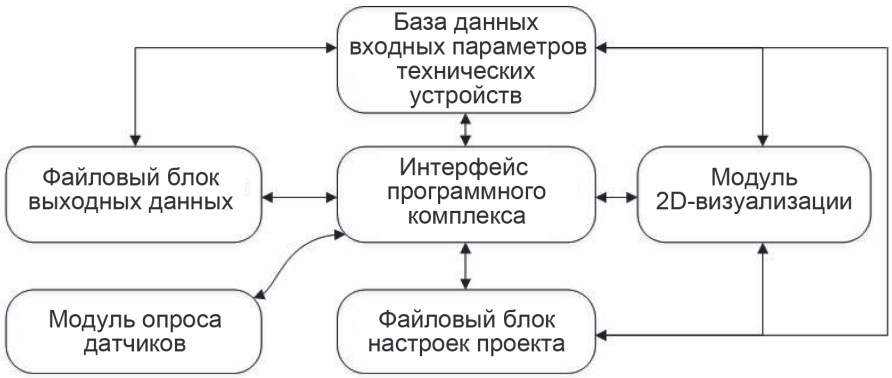


Рис. 5. Структура программного комплекса
Fig. 5. Structure of the software package

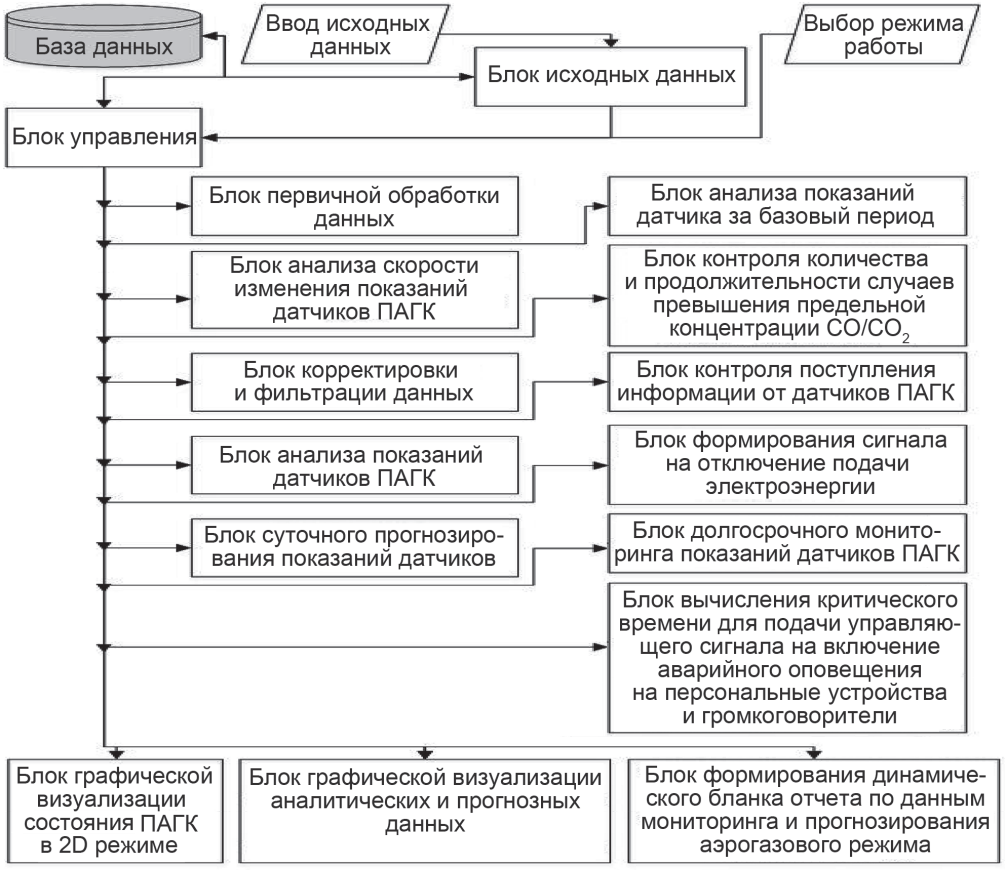


Рис. 6. Функциональная схема модели информационной подсистемы контроля CO, CO_2
Fig. 6. Function chart of CO and CO_2 control subsystem model

• блок формирования сигнала на отключение подачи электроэнергии — осуществляет вычисление критического времени для генерации управляющего сигнала на отключение подачи электроэнергии;

• блок графической визуализации аналитических и прогнозных данных — и настройки условно-постоянных параметров системы под горнотехнические и технологические условия;

• блок формирования отчета — визуализация на дисплеях терминала горного диспетчера шахты. Предупреждения инженеру-оператору об опасном изменении обстановки с помощью цветового и звукового сопровождения.

Проектирование концептуальной модели БД

База данных должна соответствовать следующим требованиям:

• высокое быстродействие (малое время отклика на запрос);

• простота обновления данных;

• независимость данных — возможность изменения логической и физической структуры БД без изменения представлений пользователей;

• совместное использование данных многими пользователями;

• безопасность данных;

• стандартизация построения и эксплуатации БД;

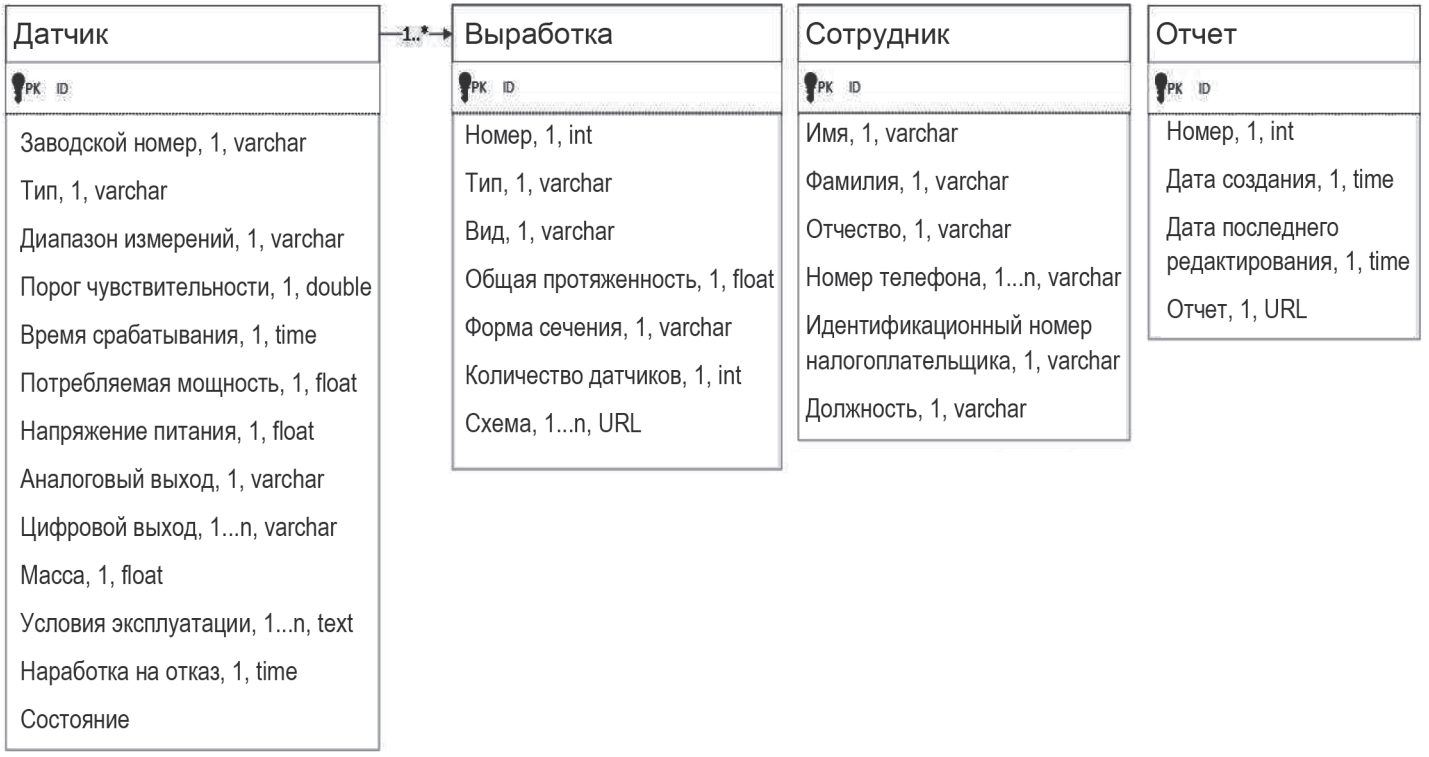


Рис. 7. Фрагмент концептуальной модели БД
Fig. 7. Fragment of conceptual model of database

• адекватность отображения данных соответствующей предметной области;

• простой интерфейс пользователя.

Концептуальное (инфологическое) проектирование БД — построение формализованной модели предметной области. Такая модель строится с использованием графических, например ER-диаграмм (диаграмм «Сущность-связь»), без ориентации на какую-либо конкретную систему управления базами данных (СУБД).

Основные элементы данной модели:

• описание объектов предметной области и связей между ними;

• описание информационных потребностей пользователей (описание основных запросов к БД);

• описание алгоритмических зависимостей между данными;

• описание ограничений целостности, т.е. требований к допустимым значениям данных и к связям между ними.

На этапе инфологического проектирования в ходе сбора информации о предметной области требуется выяснить:

• основные объекты предметной области (объекты, о которых должна храниться информация в БД);

• атрибуты объектов;

• связи между объектами;

• основные запросы к БД.

На рис. 7 представлен фрагмент варианта концептуальной модели БД .

На рис. 8 представлена структура программного продукта подсистемы аэрогазового контроля концентрации монооксида углерода (CO) и двуокиси углерода (CO_2). В разрабатываемой программе присутствуют следующие основные модули:

• головной модуль;

• модуль базы данных;

• модуль опроса датчиков;

• интерфейс программного комплекса;

• модуль 2D визуализации ПАГК;

• модуль формирования отчетов;

• модуль настроек проекта.

На рис. 9 представлен алгоритм работы программного продукта.

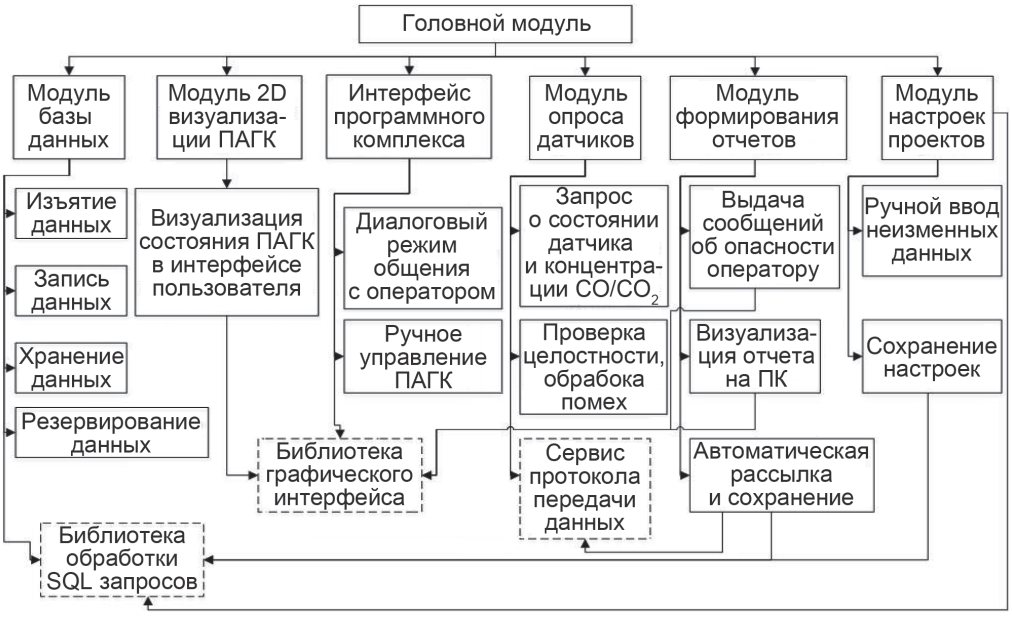


Рис. 8. Структура программного продукта
Fig. 8. Structure of the software product

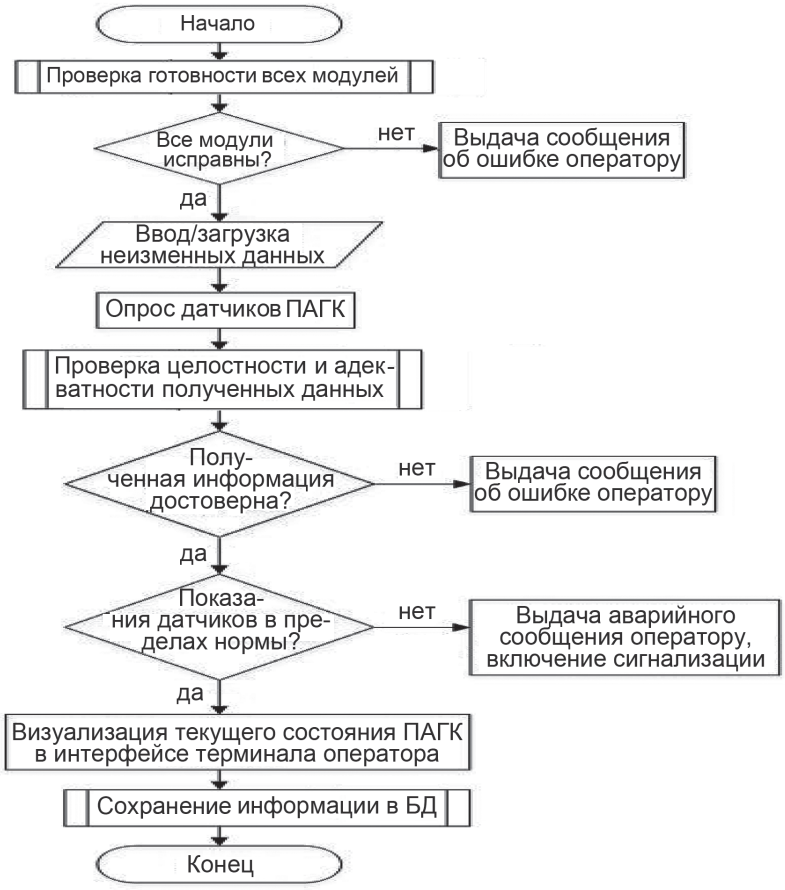


Рис. 9. Алгоритм работы программного продукта
Fig. 9. Algorithm of the software product

Концептуальная (инфологическая) модель данных МФСБ может быть использована при проектировании реляционной базы данных для конкретной задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гридин А. Д.* Охрана труда и безопасность на вредных и опасных производствах. — М.: Альфа-Пресс, 2011. — 160 с.

2. *ГОСТ Р 55154-2012* Оборудование горно-шахтное. Системы безопасности угольных шахт многофункциональные. Общие технические требования.

3. *ПБ 05-618-03* Правила безопасности в угольных шахтах.

4. *ГОСТ Р 53704-2009* Системы безопасности комплексные и интегрированные. Общие технические требования.

5. *Шкундин С. З., Хиврин М. В.* Оптимизация канала передачи информации в многофункциональной системе безопасности угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № 2. — С. 222—229. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-2-0-222-229.

6. *Описание* многофункциональной системы «Микон III», ingortech.ru›dokumenty18/category/188...

7. *Методология* и графический язык стандарта IDEF0, http://belani.narod.ru/3/IDEF0.htm.

8. http://www.intuit.ru/department/se/devis/ Интернет университет информационных технологий, курс «Проектирование ИС».

9. http://www.intuit.ru/department/itmngt/designis/ Интернет университет информационных технологий, видеокурс «Проектирование ИС» для специалистов.
10. http://www.interface.ru Официальный сайт компании Interface, разработчика ERwin.
11. *Когаловский М.Р.* Перспективные технологии информационных систем. — М.: ДМК Пресс; Компания АйТи, 2003. — 288 с.
12. *Дейт К. Дж.* Введение в системы баз данных = Introduction to Database Systems. — 8-е изд. — М.: Вильямс, 2006. — 1328 с.
13. *The History* of Conceptual Modeling (англ.). www.uni-klu.ac.at. Проверено 10 ноября 2009.
14. *Dr. Terry Halpin.* Entity Relationship modeling from an ORM perspective: Part 1 (англ.). Object Role Modeling.
15. *Peter Pin-Shan Chen* The Entity-Relationship Model — Toward a Unified View of Data // ACM Transactions on Database Systems (TODS). New York: ACM, 1976. Vol. 1. Pp. 9—36. DOI: 10.1145/320434.320440.
16. *Joseph M.* Firestone. Dimensional Modeling and E-R Modeling In The Data Warehouse, 22.06.1998. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Хиврин Михаил Васильевич — кандидат технических наук,
доцент, e-mail: hivrin@mail.ru, ИТАСУ НИТУ «МИСиС».

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2019. No. 1, pp. 216–227.

Analysis of information flows in multi-function mine safety system and development of conceptual model of data basis

Khivrin M.V., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, e-mail: hivrin@mail.ru,
Institute of Information Technologies and Automated Control Systems,
National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

Abstract. Multi-function mine safety systems (MFMS) are intended for preventing accidents under various geodynamic, aerological and induced hazards by means of actuation of emergency protection and on-line inspection of compliance between the technology and pre-set parameters. The MFMS requirements are set out in the national standard (GOST R 55154-2012). Creation and modernization of safety and control systems uses modern long-distance communication devices as well as software support, which inevitably results in higher load on the mine communication lines. MFMS is composed of subsystems. The information flows in these subsystems determine the contents of data base pools on status condition of automation devices, equipment and instruments, as well as on personnel actions in normal, prefault and emergency modes. The conceptual (infological) model of the MFMS data base can be used in design of a relation data base for solving specific problems.

Key words: mine air, aerological parameters, multi-function, information flows, explosion-protected, coal min, subsystem, software support, devices, administration, control, operator, data base, conceptual model, safety, efficiency, response time, functioning control, interface, diagrams, models, structure, modules, emergency protection, operability, reliability.

DOI: 10.25018/0236-1493-2019-01-0-216-227

REFERENCES

1. Gridin A.D. Okhrana truda i bezopasnost' na vrednykh i opasnykh proizvodstvakh [Labor protection and safety in harmful and hazardous production], Moscow, Al'fa-Press, 2011, 160 p.
2. *Oborudovanie gorno-shakhtnoe. Sistemy bezopasnosti ugol'nykh shakht mnogofunktsional'nye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. GOST R 55154-2012* [Mining equipment. Coal mine safety systems, multifunctional. General technical requirements. State Standart R 55154-2012].
3. *Pravila bezopasnosti v ugol'nykh shakhtakh PB 05-618-03* [Safety regulations in coal mines PB 05-618-03].
4. Sistemy bezopasnosti kompleksnye i integrirovannye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. GOST R 53704-2009 [Security systems, integrated and integrated. General technical requirements. State Standart R 53704-2009].
5. Shkundin S.Z., Khivrin M.V. Optimizatsiya kanala peredachi informatsii v mnogofunktsional'noy sisteme bezopasnosti ugol'nykh shakht [Optimization of information line in multi-function safety system for coal

mines]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2018, no 2, pp. 222—229. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-2-0-222-229. [In Russ].

6. *Opisanie mnogofunktsional'noy sistemy «Mikon III»*, available at: ingortech.ru›dokumenty18/category/188...

7. *Metodologiya i graficheskiy yazyk standarta IDEF0*, available at: http://belani.narod.ru/3/IDEF0.htm.

8. http://www.intuit.ru/department/se/devis/ Internet universitet informatsionnykh tekhnologiy, kurs «Proektirovanie IS».

9. http://www.intuit.ru/department/itmngt/designis/ Internet universitet informatsionnykh tekhnologiy, videokurs «Proektirovanie IS» dlya spetsialistov.

10. http://www.interface.ru Ofitsial'nyy sayt kompanii Interface, razrabotchika ERwin. Internet.

11. Kogalovskiy M. R. *Perspektivnye tekhnologii informatsionnykh sistem* [Advanced technologies of information systems], Moscow, DMK Press; Kompaniya AyTi, 2003, 288 p.

12. Deyt K. Dzh. *Vvedenie v sistemy baz dannykh* [Introduction to Database Systems. 8th edition], Moscow, Vil'yams, 2006, 1328 p.

13. The History of Conceptual Modeling, available at: www.uni-klu.ac.at. (accessed 10.11.2009).

14. Dr. Terry Halpin. *Entity Relationship modeling from an ORM perspective*: Part 1. Object Role Modeling.

15. Peter Pin-Shan Chen The Entity-Relationship Model — Toward a Unified View of Data. *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*. New York: ACM, 1976. Vol. 1. Pp. 9—36. DOI: 10.1145/320434.320440.

16. Joseph M. Firestone. *Dimensional Modeling and E-R Modeling In The Data Warehouse*, 22.06.1998.

РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

(№ 1163/01—19 от 06.11.2018; 8 с.)

Герасимов Анатолий Игоревич — кандидат технических наук, доцент,
НИТУ «МИСиС», e-mail: mggu.eegp@mail.ru.

Срок службы трансформаторов, определяемый заводами-изготовителями, составляет 20–25 лет, но многие эксплуатируется 30–40 лет и более. Потери мощности холостого хода трансформаторов, выпускаемых до 1970 г., значительно превышают потери в трансформаторах последних лет выпуска. Продление срока службы трансформаторов дает предприятиям экономию денежных средств на капитальные затраты, но при этом образуются увеличенные потери мощности и электроэнергии зависящие от величины нагрузки и режимов работы. Во многом потери мощности зависят от правильного выбора числа трансформаторов и режимов их работы. При приближенных расчетах допускается принимать вариант подстанций с трансформаторами по минимуму приведенных потерь активной мощности. На двухтрансформаторных подстанциях при изменениях нагрузки в зависимости от приведенных потерь целесообразно изменять число трансформаторов, находящихся в работе. Получено уравнение линейной регрессии, позволяющее определять коэффициент загрузки трансформаторов для управления коммутацией.

Ключевые слова: цеховые подстанции, обоснование выбора трансформаторов, приведенные потери мощности, коэффициент загрузки, линейная регрессия.

EFFICIENCY OF SHOP TRANSFORMER SUBSTATIONS

Gerasimov A.I., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia, e-mail: mggu.eegp@mail.ru.

The service life of transformers, determined by the manufacturers is 20–25 years. In operation there is a lot of transformers, the service life is 30–40 years or more. The power loss of idling transformers, manufactured prior to 1970, greatly exceed the losses in transformers latest release. The extension of the service life of transformers gives businesses some savings on capital costs, however, this produces increased power losses depending on the magnitude of loads and modes of operation. In many ways, the power losses depend on the correct choice of the number of transformers and their mode of operation. In approximate calculations it is allowed to take the option of substations with transformers to a minimum given the active power losses. For two-transformer substations with load changes depending on the given loss it is advisable to change the number of transformers in operation. The resulting linear regression equation to determine the load factor of transformers to control the switching.

Key words: shop substation, the rationale for the selection of transformers, given the loss of power, load factor, linear regression.