

УДК 004.65:004.75:004.5:004.91

**С.Н. Сыгова, А.П. Дунец, А.Н. Коваленко,  
А.Л. Мазаник, Т.П. Сидорович, С.В. Черепица**

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА eLab ДЛЯ АККРЕДИТОВАННЫХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ**

*Описываются основные принципы организации и алгоритмы, лежащие в основе функционирования информационной системы eLab для аккредитованных испытательных лабораторий на основе свободного программного обеспечения (СПО). Система работает под управлением ОС Windows и Linux. Работа осуществляется через веб-интерфейс в многопользовательском режиме с разделением прав доступа посредством широко распространенных браузеров, установленных на рабочих компьютерах пользователей. Подробно рассматриваются состав ПО eLab, решение вопросов безопасности в системе и повышение ее функциональности, а также организационная структурная схема ПО и иерархия базовых классов. Приводятся алгоритмы безопасного подключения к базе данных и разворачивания ПО системы на сервере.*

### **Введение**

В настоящее время свободное программное обеспечение (СПО) занимает на мировом рынке информационных технологий большую нишу, предоставляя пользователю, в отличие от проприетарного (лицензионного, коммерческого) ПО, четыре основные свободы – права на неограниченную установку, свободное использование, модификацию и передачу ПО [1]. Исходные коды и полная техническая документация СПО находятся в свободном доступе, что облегчает его сертификацию. Использование СПО является одним из реальных способов повысить степень защиты информации. Этим обусловлен тренд движения рынка информационных технологий в сторону СПО как на Западе, так и на постсоветском пространстве. В Республике Беларусь с целью обеспечения безопасности информационных систем (ИС) принята серия указов и постановлений различного уровня. Например, в соответствии с Приказом министра обороны Республики Беларусь № 112 от 18 февраля 2011 г. «Об утверждении перечня форматов представления и протоколов передачи данных, используемых в информационных системах Вооруженных Сил и транспортных войск» ПО с поддержкой ОС Linux является приоритетным при использовании в Вооруженных Силах Республики Беларусь.

Белорусская разработка на основе СПО – система eLab – является лабораторной ИС с элементами электронного документооборота. Это электронная система клиент-серверной архитектуры на основе СПО: Debian GNU/Linux, веб-сервера Apache, сервера баз данных Firebird с использованием сервера приложений PHP. Система работает под управлением ОС Windows и Linux. Работа осуществляется через веб-интерфейс в многопользовательском режиме с разделением прав доступа посредством широко распространенных браузеров. Основные отличительные особенности eLab: разделение на системную и пользовательские базы данных (БД), сохранение текущих состояний пользовательского интерфейса, работа в реальном режиме времени с открытием страниц с данными менее чем за полсекунды при работе во внутренней (корпоративной) сети.

Первоначальной целью разработки eLab являлась автоматизация систем учета и контроля горюче-смазочных материалов (ГСМ) в Вооруженных Силах Республики Беларусь. С 2012 г. электронная система контроля качества и управления запасами горючих и смазочных материалов (E-lab ГСМ) стоит на боевом дежурстве в 202-м химмотологическом центре горючего для контроля качества и учета ГСМ Вооруженных Сил Республики Беларусь [2, 3]. Этот центр является аккредитованной испытательной лабораторией. Подсчитано, что за прошедшее время его сотрудниками проведено и запротоколировано с использованием системы eLab свыше 50 000 заказных испытаний.

В дальнейшем система eLab была адаптирована для аккредитованных испытательных лабораторий мясомолочной промышленности. В настоящее время после разработки прототипа ПО учета и контроля источников ионизирующего излучения eLab-Atom ведется работа над интеллектуальной информационной системой сотрудника Госатомнадзора Республики Беларусь для обеспечения контроля (надзора) в области ядерной и радиационной безопасности [4, 5]. Также на базе eLab была разработана оригинальная система управления контентом для создания учебно-научных порталов различных профилей eLab-Science, с помощью которой создан электронный портал ядерных знаний учреждений образования Республики Беларусь BelNET (Belarusian Nuclear Education and Training), <https://belnet.bsu.by/> [6, 7]. Также на основе eLab-Science создан научный портал проекта программы «Горизонт 2020» CoExAN (Collective Excitations in Advanced Nanostructures), <https://coexan.bsu.by>.

Таким образом, система eLab показала себя гибкой и легко настраиваемой под цели и нужды проекта. Она постоянно развивается и совершенствуется. Рассмотрим основные принципы и алгоритмы, лежащие в основе ее функционирования в настоящее время.

### **1. Процессный системный подход**

Во всем мире для эффективного функционирования аккредитованных испытательных лабораторий различного уровня на основе ключевых положений стандартов ISO 9001 и ISO 17025 [8, 9] необходимы ИС, поддерживающие все стадии жизненного цикла лабораторной деятельности. Разработка таких систем должна проводиться на основе процессного системного подхода [10–13], который предполагает понимание и менеджмент взаимосвязанных процессов в организации для достижения ее результативности и эффективности. При этом надо понимать, что в управлении бизнес-процессами (устойчивой, многократно повторяющейся деятельностью) происходит преобразование ресурсов на входе в результаты на выходе. Поэтому необходимы выделение бизнес-процесса, его детализация, определение участников, назначение одного из участников менеджером и делегирование ему полномочий и ответственности по управлению бизнес-процессом. ИС должна обеспечивать ведение бизнес-процесса от начала до конца.

Основными целями создания ИС для аккредитованных лабораторий являются обеспечение эффективного управления документацией и записями, оптимизация управления лабораторной деятельностью, повышение ее производительности и качества, в том числе проведение внутренних аудитов, управление несоответствующей продукцией, проведение корректирующих и предупреждающих действий и т. д.

Данные принципы лежат в основе создания системы eLab с самой ее первой модификации – E-lab ГСМ. Электронная система E-lab ГСМ решает производственные задачи:

- управления образцами, поступающими на испытания, регистрации результатов испытаний, паспортизации и контроля качества ГСМ, ведения лабораторных журналов по установленным нормам в соответствии с системой менеджмента качества предприятия;
- определения показателей качества в рамках проводимых испытаний, строго регламентируемых нормативной базой и списком параметров испытаний, что позволяет четко контролировать выполнение работы, минимизировать издержки и обеспечить эффективное использование оборудования и расходных ресурсов;
- управления складом расходных материалов, включая химические реактивы, учета и контроля средств измерений и испытательного оборудования;
- ведения документооборота в части работы с заказчиками, включая систему ведения договоров, управления счетами-нарядами и актами выполненных работ по установленным нормам;
- управления запасами ГСМ длительного хранения, включая управление складами и резервуарами хранения ГСМ, контроля и прогнозирования состояния ГСМ, формирования сводных планов состояния ГСМ для всех структурных единиц.

Система E-Lab ГСМ включает модуль «Анализатор», предназначенный для ведения контроля качества ГСМ и управления образцами, модуль «Освежение» для управления запасами

ГСМ и модуль «Прейскурант», представляющий собой систему расчета стоимости определения показателей качества ГСМ.

В качестве примера реализации принципов процессного системного подхода на рис. 1 показана схема функциональной структуры для модуля «Анализатор», разработанная в начале работ над E-Lab ГСМ. Здесь на входе в систему имеется образец для исследования, поступивший в лабораторию на испытания. Образец заносится в журнал регистрации проб и образцов. Испытания на рабочем месте проводятся в соответствии с нормативно-правовыми актами и нормами качества; результаты заносятся в соответствующий журнал испытаний, далее, возможно, в журнал некондиции и т. д. В случае успешных испытаний выдается паспорт (протокол испытаний). При необходимости может быть выдан запрос на повторные испытания.

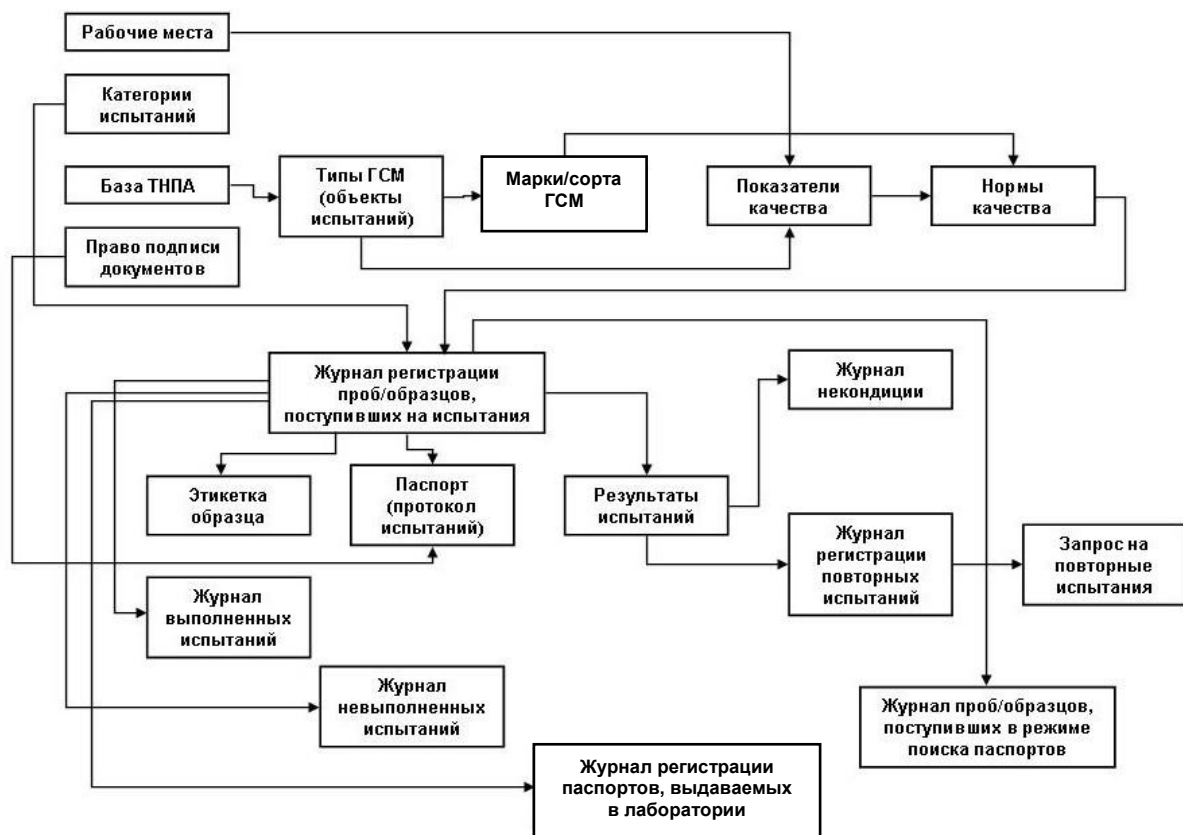


Рис. 1. Схема функциональной структуры модуля «Анализатор»

Вместе с тем следует отметить, что согласно [12] более правильно разрабатывать схему функциональной структуры в нотации IDEF0 в соответствии с РД IDEF0–2000 «Методология функционального моделирования IDEF0». Данная система отражает информационные связи между элементами (подсистемами) ИС и внешней средой, определяет место подсистем ПО ИС в информационных потоках организации.

Рассмотрим схему функциональной структуры информационной системы сотрудника Госатомнадзора для обеспечения контроля (надзора) в области ядерной и радиационной безопасности (рис. 2) в нотации IDEF0.

Информационные связи между системой и внешней средой осуществляются посредством поступающих в систему извне либо формируемых внутри Госатомнадзора документов (в бумажном или электронном виде) различного типа: сведений, поручений вышестоящих респу-

ликанских органов государственного управления; сообщений и обращений международных организаций; предложений контролирующих (надзорных) органов, планов мероприятий, решений рабочих групп; заявок на выдачу (внесение изменений, прекращение действия) разрешений (лицензий) и т. д. Все типы входящих документов регламентированы законодательством.

Система на выходе во внешнюю среду выдает формируемые в электронном виде отчеты с уведомлениями о проведении проверки, письма по результатам рассмотрения отчетных документов проверяемых организаций, акты (справки) о проведении проверки, предписания об устранении нарушений, предписания о приостановке (запрете) деятельности и т. д.

На рис. 2 показана схема верхнего уровня. Далее следует схема функциональной структуры системы «Осуществлять деятельность для обеспечения контроля (надзора) в области ядерной и радиационной безопасности» (рис. 3), за ней – функциональная схема процесса следующего уровня «Выполнить контроль (надзор) за обеспечением безопасности при сооружении и вводе в эксплуатацию Белорусской АЭС» и т. д. Все схемы связаны между собой, при этом схема на рис. 3 следует из схемы на рис. 2.

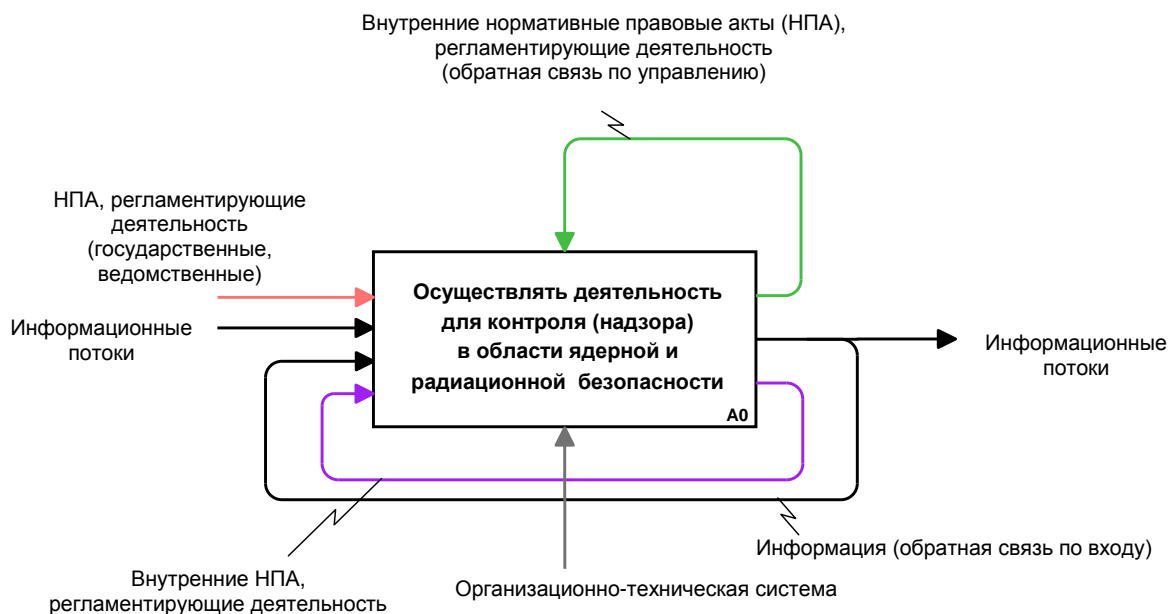


Рис. 2. Информационная система сотрудника Госатомнадзора для обеспечения контроля (надзора) в области ядерной и радиационной безопасности

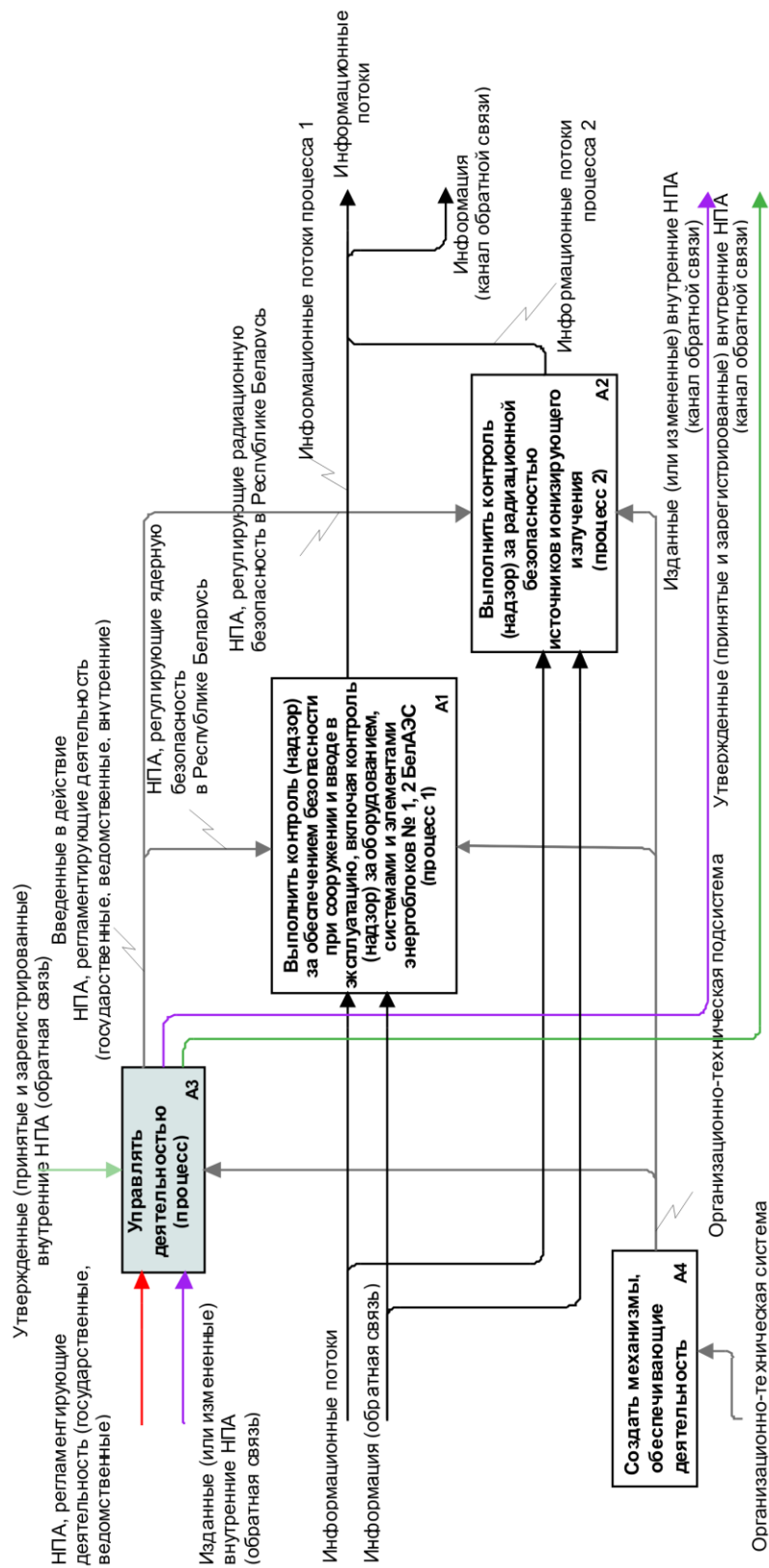


Рис. 3. Осуществление деятельности по обеспечению контроля (надзора) в области ядерной и радиационной безопасности

## 2. Состав программного обеспечения

Система размещается на виртуальной машине (ВМ) сервера VMWare ESX, возможно ее размещение на физическом сервере. Сервер системы – программно-аппаратный комплекс для выполнения следующих компонентов системы: веб-сервера Apache, сервера приложений PHP5, SQL-сервера Firebird 2.5.

На рис. 4 показано, что пользователи могут работать как внутри корпоративной сети, так и с удаленных рабочих мест через Интернет и при необходимости – с использованием виртуальной частной сети VPN (от англ. Virtual Private Network).

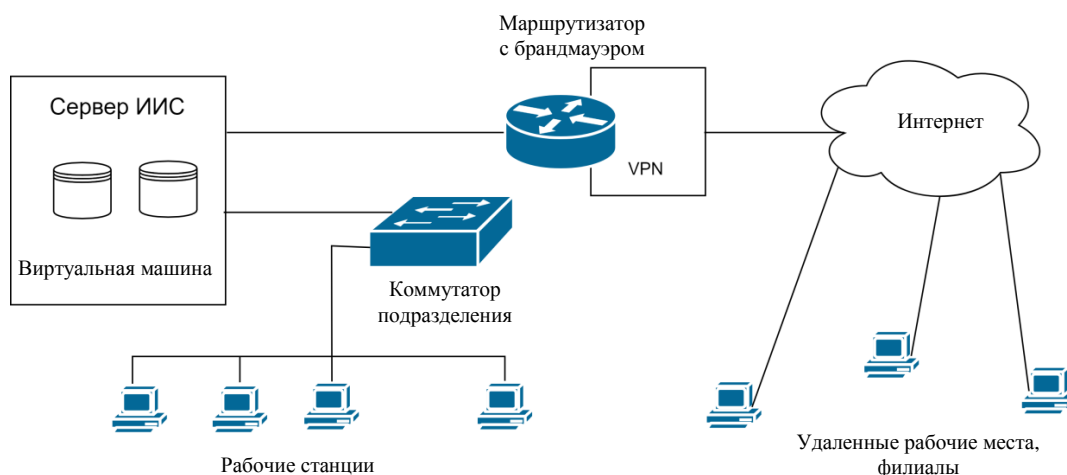


Рис. 4. Структура сети системы eLab

Согласно организационной структурной схеме ПО (рис. 5) ВМ представляет собой веб-сервер Apache и хранилище БД.

Корневая директория (system) содержит библиотеки сторонних разработчиков (adodb, Ajax) и собственный код, представленный в следующих папках:

- system/core – основные файлы систем (библиотеки классов и функций);
- system/common – готовые компоненты системы для использования (вставки) в различные визуальные представления (страницы) без дублирования соответствующего кода;
- system/eventlog – библиотека для вывода ошибок и отладочных сообщений;
- system/special – специальные модули;
- system/etc – папка, в которой в зашифрованном виде хранится строка подключения к системной БД.

Ядро core системы eLab содержит модули PHP, JavaScript и CSS, которые обеспечивают общую функциональность системы для всех пользователей в едином формате: аутентификацию, дизайн страниц, пользовательские элементы управления (кнопки, списки, таблицы), шаблоны, генераторы отчетов и др. Ядро вместе со специализированными модулями обеспечивает централизованную валидацию входных данных (HTTP-запросы) и выходных (HTTP-ответы), защиту от внедрения несанкционированного кода, аутентификацию пользователей и доступ к контенту в соответствии с установленными разрешениями для соответствующих пользователей. Основными назначениями ядра являются централизованная и быстрая генерация контента страниц для отображения их в разных обозревателях в соответствии с хранимыми данными, реакция на события от разных пользователей и соответствующая модификация контента и хранимых данных. Содержимое страниц зависит от поступающих запросов и согласовано с базой данных соответствующего программного продукта.

Логика программы такова, что файл инициализации module.ini представляет собой начальное состояние конфигурации, которое перекрывается соответствующими конфигурационными данными из базы данных. Администратор системы может изменять конфигурацию путем модификации данных в БД (системная база данных, таблица configuration). Для этого в списке модулей системы имеется модуль configuration\_management.

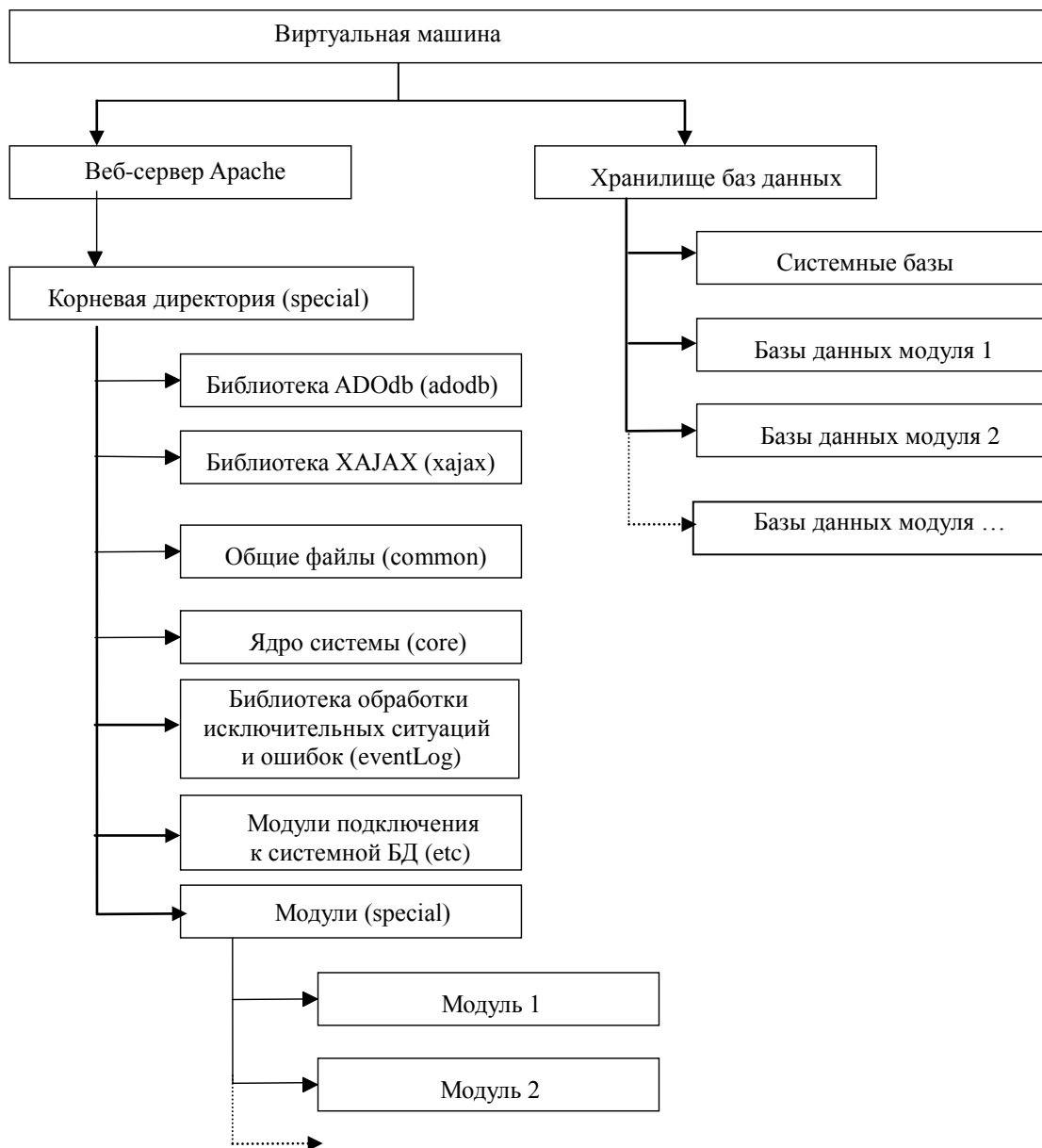


Рис. 5. Организационная структурная схема ПО eLab

Иерархия базовых классов представлена на рис. 6. При старте приложения создается объект `application`, который собирает всю информацию о модулях системы, формирует автоматически ссылки, вычитывает и применяет конфигурации к модулям, создает `webpage` – страницу документа, которая формирует соответствующий HTML-документ.

Элементы управления `forms`, `toolbar`, `tree` и др. (за исключением `captcha`) являются наследниками класса `control`. Класс `customform` (`forms/customform.php`) наследуется от `webpage` и формирует базовый каркас для всех страниц системы. Специфика наполнения и поведения задается классом `mainform` (потомком `customform`), который определяется в ветках `system/special`. Пользовательские элементы из `system/common` создаются таким образом, чтобы их можно было использовать многократно без дублирования кода. У каждого элемента имеются свои ресурсы (`images`, `styles` и `javascripts`), которые при необходимости подгружаются вместе с элементом автоматически. Класс `mainform` (потомок `customform`) включает и инициализирует `xajax`-обработку.

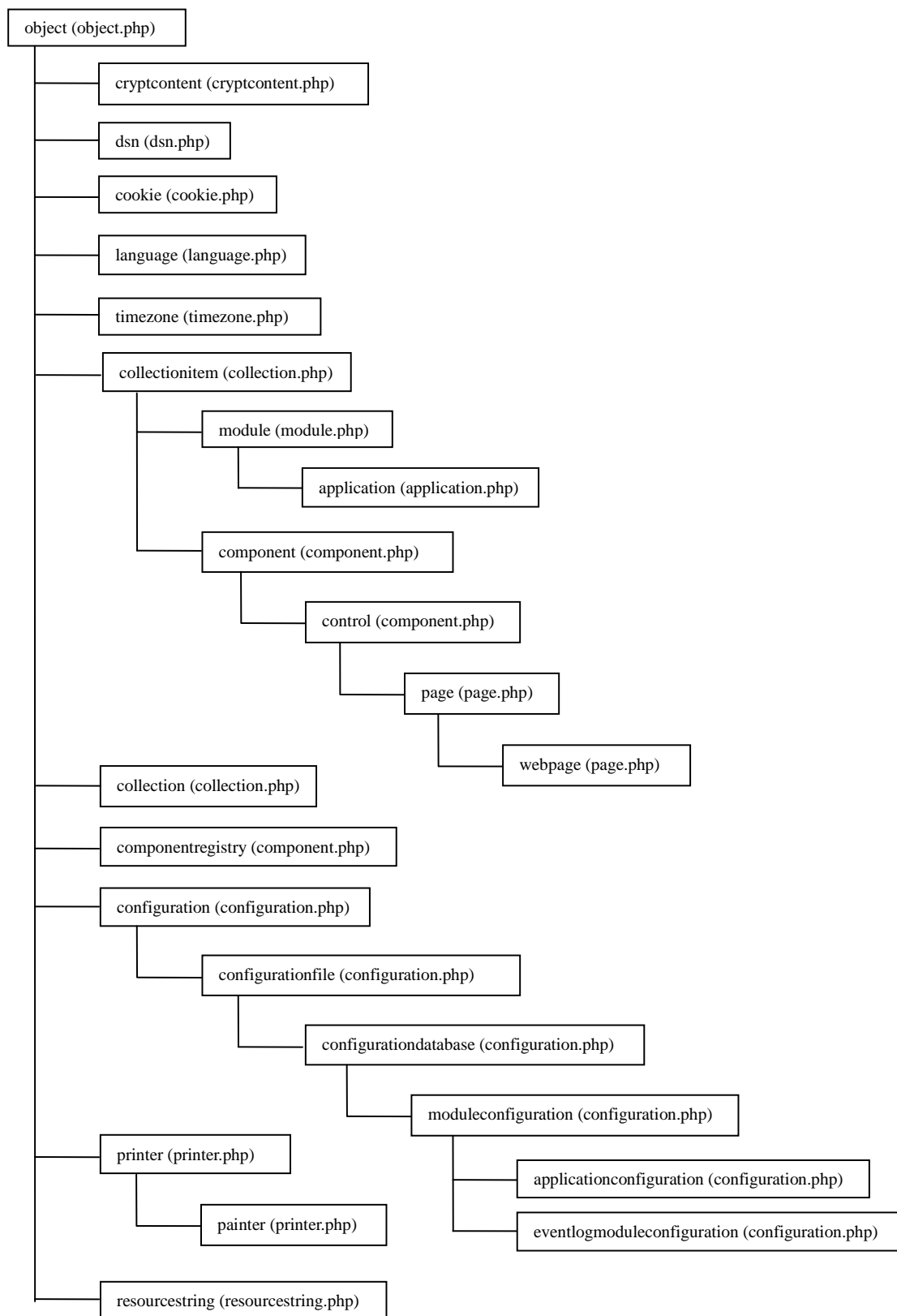


Рис. 6. Иерархия базовых классов



### 3. Вопросы безопасности в системе

Требования к безопасности в системе eLab, учитывая ее внедрение в Вооруженных Силах Республики Беларусь и Госатомнадзоре, повышены и реализованы следующим образом. Во-первых, в системе eLab обеспечен доступ по протоколу HTTPS. Во-вторых, организован удаленный доступ сотрудников к рабочему месту через VPN. В результате существенно повышена скорость доступа и обеспечен доступ к системе с поддержкой шифрования в целях повышения безопасности.

Для публичных серверов (BeINET и CoExAN) доступ по протоколу HTTPS обеспечен сертификатом веб-сервера, подписанным компанией LetsEncrypt, которая работает под патронажем EFF (Electronic Frontier Foundation). Здесь разработанный протокол ACME позволяет безопасным образом подтвердить, что человек (организация), запрашивающий сертификат, обладает контролем над сервером и позволяет периодически обновлять сертификат или корректно его отзывать. Для получения сертификата LetsEncrypt на сервер было установлено ПО, реализующее протокол ACME – certbot. Данное ПО периодически выполняется, проверяя списки отзыва сертификатов, и при приближении сертификата к окончанию срока действия автоматически размещает запрос на создание нового.

Для частных серверов сертификат веб-сервера выдается по запросу (CSR), сформированному администратором виртуальной машины. Требуемое современными браузерами поле сертификата SAN (Subject Alternative Name) указывается при формировании запроса на стороне сервера информационной системы. Запрос на выдачу сертификата в соответствии с шаблоном (web-Server) обрабатывается центром авторизации (ЦА) домена Windows AD.

Реализация VPN осуществляется следующим образом. Сервер eLab выполняется на ВМ в пределах сервера VMWare. Последний подключен к коммутатору и доступен для сотрудников с рабочих станций. Он также подключен к VPN с обеспечением на брандмауэре доступа только к одному порту HTTPS (443). Все остальные порты должны быть заблокированы. Аутентификация пользователей удаленных рабочих мест возможна при наличии сертификата VPN с ограниченным сроком действия и знании пароля сертификата, а также имени пользователя и пароля eLab.

Отметим, что использование VPN-компонента сетевой инфраструктуры не является обязательным. Решение о его использовании должно приниматься руководством организации-пользователя системы на основе анализа рисков несанкционированного доступа и функционирования инфраструктуры частных ключей для удаленных пользователей и филиалов.

Еще одной составляющей безопасности в системе является реализация алгоритма безопасного подключения к базам данных.

При подключении к базам данных системы адрес ресурса URL HTTP(S)-запроса от клиента к серверу веб-приложений и конфигурация данного сервера однозначно определяют файл ресурса. Если ресурс является, например, HTML-файлом или простым текстовым файлом, то содержимое этого файла «как есть» попадает в HTTP(S)-ответ, который уходит к клиенту. Если в качестве ресурса указан PHP-файл, то сервер веб-приложений запускает процесс интерпретатора PHP, в котором исполняется PHP-код из файла ресурса. Результатом работы интерпретатора является HTML-текст, отправляемый клиенту HTTP(S)-ответом.

Если для формирования ответа требуется информация из базы данных, то файл ресурса должен содержать PHP-код подключения к БД, в котором указывается имя БД, имя пользователя БД и пароль. Так как PHP-код является открытым (некомпилируемым), то простой просмотр файла ресурса любым текстовым редактором позволит узнать учетную запись пользователя сервера БД. Для исключения этой возможности имя БД и учетную запись пользователя БД нельзя задавать в явном виде. В eLab параметры подключения к БД в зашифрованном виде хранятся в отдельном конфигурационном файле системы (модуль etc), считываются при необходимости, расшифровываются и поступают в процедуру подключения в качестве входных параметров.

В конфигурационном файле зашифрован безопасный (гостевой) логин к БД, с помощью которого можно выполнить только одну хранимую в БД процедуру. Доступ к другим объектам и данным для данного логина ограничен. Указанная процедура принимает на входе идентифи-

кационные параметры пользователя ИС и возвращает новый логин с расширенными правами доступа к БД, который закрепляется за пользователем ИС в случае удачной аутентификации и в дальнейшем используется для доступа этого пользователя к БД. Указанные логины с расширенными правами недоступны в явном виде для пользователя ни на стороне клиента, ни на стороне сервера приложений.

В результате использования трех составляющих безопасности существенно повышена скорость доступа и обеспечен доступ к системе с поддержкой шифрования в целях повышения безопасности.

#### **4. Инсталляция системы eLab**

Приведем описание последовательности действий при установке всех компонентов системы eLab вручную с указанием особенностей конфигурации. Два главных этапа – это установка и настройка ВМ и установка на ВМ ПО системы.

Для реализации системы eLab существует только одно обязательное требование к аппаратному обеспечению – наличие адаптера локальной сети Интернет. Остальные требования к аппаратному обеспечению влияют только на быстродействие системы. Для развертывания машины можно использовать системы виртуализации, не требующие приобретения лицензий, – VMware player 12.0 и Oracle Virtualbox 5.1. Первая поддерживает формат виртуальных дисков «VMDK». Для переноса машины необходим только файл описания машины «.VMX» («.XML») и файл виртуального диска. Oracle Virtualbox 5.1 поддерживает формат виртуальных дисков «.VDI» и «.VMDK». Для переноса возможен экспорт в формат «.OVA» («.OVF»).

При эксплуатации сервера eLab под управлением Windows перенос самой ВМ (описания аппаратуры) критичен, так как для ядра Windows изменение типа контроллера диска приводит к недоступности загрузочного диска и остановке. При эксплуатации сервера eLab под управлением Linux перенос можно осуществить, переместив образ виртуального диска. Для развертывания системы был выбран комбинированный способ – диск формата «.VMDK» в ВМ VirtualBox, что позволило обеспечить максимальную гибкость управления и миграции.

Для конфигурации сервера eLab был выбран дистрибутив Debian GNU/Linux 8.2 (stable). Причины выбора: открытое, бесплатное, свободное ПО высокого качества, которое поддерживается ведущими производителями аппаратного (Hewlett Packard, Dell) и программного обеспечения (Canonical и др.); наличие двух официальных постоянно действующих зеркал дистрибутива в Республике Беларусь (mirror.datacenter.by и ftp.mgts.by). Дистрибутив используется Национальным интернет-провайдером «Белтелеком», институтами НАН Беларуси и др.

Алгоритм установки программного обеспечения состоит из следующих шагов:

1. Установить веб-сервер Apache 2.4.
2. Установить сервер приложений PHP 5.6.
3. Установить SQL-сервер Firebird 2.5.
4. Провести тестирование в модельном (рабочем) окружении.
5. Осуществить экспорт ВМ.
6. Осуществить импорт ВМ.
7. Настроить ВМ в рабочем окружении.
8. Провести настройку аутентификации Active Directory (AD) Kerberos в Apache 2.4.

Для тестирования системы аутентификации разворачивается виртуальный сервер контроллера домена (Windows 2008R2 Server Active Directory). Веб-сервер настраивается на аутентификацию в AD, где создаются тестовые пользователи, которые вносятся в группы AD, соответствующие модели безопасности eLab. Под именем каждого из этих пользователей производится вход в eLab и тестирование функциональности системы в соответствии с инструкциями рабочих мест пользователей каждой группы.

Экспорт ВМ осуществляется штатными средствами используемой системы виртуализации. Минимально возможный вариант действий – перенести образ диска «.VMD» и создать новую машину на платформе потребителя с указанным образом диска. Импорт ВМ с развернутой системой eLab производится штатными средствами системы виртуализации потребителя.

Настройка в рабочем окружении требует выполнения следующих шагов, часть которых выполняется для виртуальной машины, а часть – для сетевого окружения:

1. Задать статический IP-адрес, желательно также задать IPv6-адрес (выполняется на VM).
2. Создать прямую и обратную DNS-записи на сервере DNS.
3. Создать сертификат сервера в ЦА потребителя и осуществить его безопасную установку на машину.
4. Провести настройку аутентификации веб-сервера на сервер Kerberos AD.
5. Провести настройку веб-приложения на сервер LDAP AD.
6. Провести тестирование HTTPS.
7. Провести тестирование аутентификации в AD.
8. Осуществить распространение публичного сертификата ЦА в список доверенных сертификатов рабочих станций AD.

## 5. Повышение функциональности информационной системы

Повышение функциональности ИС eLab напрямую связано с использованием блочной модели БД. В этой модели БД ИС организации представляет собой множество взаимосвязанных блоков – специализированных БД [14]. Специализация блока определяется решаемыми задачами. Например, существуют БД сотрудников, БД управления организационной структурой, БД оборудования и т. д.

Специализированные блоки, в свою очередь, могут состоять из блоков более низкого уровня, например блоков управления пользователями, блоков регистрации изменений и т. д. Блоки должны быть максимально функционально завершенными. Функциональные блоки распределяются между структурными единицами организации.

Перечислим достоинства блочной модели БД. Она позволяет разрабатывать отдельные блоки независимо от всего проекта, легче обновлять и заменять существующие блоки новыми, строить из готовых блоков другие БД, ориентированные на различные процессы. Также данная модель способствует равномерному распределению нагрузки на сервер БД (блоки могут быть разнесены на разные серверы), уменьшению размеров отдельных файлов БД, упрощению наименований объектов БД (таблиц, просмотров и т. д.), упрощению понимания структуры БД.

Повышение функциональности ИС также достигается за счет использования алгоритма генератора отчетов, в котором пользователь формирует шаблон отчета самостоятельно с помощью ключей вида \$KEY, где \$ – специальный символ, KEY – название ключа. В процессе работы шаблонный файл разбирается и производится замена найденных ключей на соответствующую информацию из БД. Таким образом, пользователь имеет возможность изменить содержание и форму отчетных документов, выдаваемых системой.

Для повышения функциональности системы предложен и реализован алгоритм полнотекстового поиска в БД по файлам типа «.PDF», а также различным файлам таких программных продуктов, как MS Office и Libre Office.

Данные два алгоритма будут описаны в следующей статье.

## Заключение

Описанные и реализованные в ИС eLab алгоритмы, повышающие ее безопасность и функциональность, а также многолетняя бесперебойная работа системы E-lab ГСМ показывают, что система eLab представляет собой хорошо проработанный программный продукт, находящийся в постоянной эксплуатации, легко модифицируемый и адаптируемый под условия проекта. Данная система является ярким примером корпоративных приложений [15] и разрабатывается в точном соответствии с основными принципами и идеями создания таких приложений.

Работа выполняется в рамках задания 1-02 ГНТП «Интеллектуальные информационные технологии».

**Список литературы**

1. What is free software? GNU Operating System [Electronic resource]. – 2017. – Mode of access : <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>. – Date of access : 15.05.2017.
2. Система контроля качества и управления запасами горюче-смазочных материалов / С.В. Черепица [и др.] // Междунар. конгресс по информатике: информационные системы и технологии (CSIST'2011) : материалы конгресса. – Минск : Изд-во БГУ, 2011. – С. 223–227.
3. Белорусское программное обеспечение для автоматизации систем учета и контроля в Вооруженных Силах Республики Беларусь / С.Н. Сытова [и др.] // 7-я Междунар. науч. конф. по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения : сб. науч. статей. – Минск : Четыре четверти, 2017. – С. 213–222.
4. Сытова, С.Н. Применение фреймворка eLab в атомной энергетике / С.Н. Сытова, А.С. Лобко, С.В. Черепица // Доклады IV Междунар. конф. «Ядерные технологии XXI века» (Минск, 21–23 октября 2014 г.) / Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны НАН Беларуси. – Минск : Право и экономика, 2014. – С. 18–23.
5. Фреймворк eLab для широкого круга приложений / С.Н. Сытова [и др.] // Фундаментальные и прикладные физические исследования 2010–2016 гг. – Минск : Изд-во БГУ, 2016. – С. 388–399.
6. Принципы формирования контента учебно-научного портала ядерных знаний BelNET / С.Н. Сытова [и др.] // Фундаментальные и прикладные физические исследования 2010–2016 гг. – Минск : Изд-во БГУ, 2016. – С. 400–417.
7. Контент учебно-научного портала ядерных знаний BelNET / С.Н. Сытова [и др.] // Высшая школа. – 2016. – № 5. – С. 22–27.
8. ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:en>. – Дата доступа : 15.05.2017.
9. ISO/IEC DIS 17025:2016(E). General requirements for the competence of testing and calibration laboratories [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.iso.org/standard/66912.html>. – Дата доступа : 15.05.2017.
10. Репин, В.В. Процессный подход и современные системы управления / В.В. Репин, В.Г. Елиферов. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 544 с.
11. Кирисов, С.В. Теория и практика применения процессного подхода к управлению качеством деятельности организации / С.В. Кирисов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 80 с.
12. Марка, Д.А. Методология структурного анализа и проектирования SADT / Д.А. Марка, К.М. МакГоуэн. – М. : Метатехнология, 1993. – 240 с.
13. Янг, С. Системное управление организацией / С. Янг. – М. : Сов. радио, 1972. – 456 с.
14. Block oriented processing of relational database operations in modern computer architectures / S. Padmanabhan [et al.] // Proc. of the 17th Intern. Conf. on Data Engineering. – Heidelberg, Germany, 2001. – P. 567–574.
15. Фаулер, М. Архитектура корпоративных программных приложений / М. Фаулер. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2007. – 544 с.

Поступила 04.07.2017

*Институт ядерных проблем  
Белгосуниверситета,  
Минск, ул. Бобруйская, 11  
e-mail: sytova@inp.bsu.by*

**S.N. Sytova, A.P. Dunets, A.N. Kovalenko,  
A.L. Mazanik, T.P. Sidorovich, S.V. Charapitsa**

**INFORMATION SYSTEM ELAB FOR ACCREDITED  
TESTING LABORATORIES**

The basic principles of organization and algorithms of information system eLab operation for accredited testing laboratories based on free software are described. The system runs under Windows and Linux. The work is carried out through the Web-interface in multi-user mode with the sharing the access rights through widely distributed browsers installed on the users' desktops. The software composition, problems of security and the enhancement of the functionality of the system, as well as the organizational chart of the software and the hierarchy of basic classes are discussed in detail. The algorithm of secure connection to the database and the algorithm for installation of the system software on the server are given.