

КОКНАЕВ Н. А., ФИРСОВА С. А.

**РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ
РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ В ЛАБОРАТОРИИ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ**

Аннотация. В статье рассмотрен созданный авторами комплекс программ, который выполняет автоматизированную обработку результатов механических испытаний, проведенных на вибрационном стенде: вычисление оптимальных весовых коэффициентов для приближения фактического ускорения, зафиксированного на устройстве, к целевому ускорению; нахождение резонансных частот, зафиксированных при испытании тестируемого изделия.

Ключевые слова: механические испытания, вибрационный стенд, Econ Technologies, Vibration Control System, весовые коэффициенты, резонансные частоты.

KOKNAEV N. A., FIRSOVA S. A.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE SYSTEM

FOR AUTOMATED PROCESSING OF MECHANICAL TEST RESULTS

Abstract. The article considers a software system developed by the authors, which performs automated processing of the results of mechanical tests carried out on the vibration stand: calculation of the optimal weight coefficients to approximate the actual acceleration recorded on the device to the target acceleration; finding the resonant frequencies recorded during the test of the tested product.

Keywords: mechanical tests, vibration stand, Econ Technologies, Vibration Control System, weight coefficients, resonant frequencies.

Введение. В настоящее время Центр проектирования инноваций (АУ «Технопарк – Мордовия», Республика Мордовия) осуществляет проведение испытаний для целей сертификации. В состав научно-испытательного центра ЦПИ входят 3 лаборатории: электромагнитной совместимости, климатических испытаний, механических испытаний [1].

Лаборатория механических испытаний оснащена вибрационными тестовыми системами ETS-Solutions MPA714/M748/VT1000M, в состав которых входит вибрационный стенд, предназначенный для испытания образцов на устойчивость к вибрациям в вертикальной плоскости (для моделирования горизонтальных вибраций применяются горизонтальные столы).

Работа вибрационного стенда заключается в проверке образца на устойчивость к вибрациям в заданном режиме. Для этого на стенде закреплен один датчик, фиксирующий значение ускорения на самой установке и требуемое количество датчиков на образце,

фиксирующих значения ускорений на каждом из участков образца. На основе показаний датчиков вычисляется результирующее контрольное ускорение изделия. Для этого к вибрационному стенду подключен контроллер, который считывает контрольные локальные ускорения с датчиков, подключенных к тестируемому изделию, и передает считываемые ускорения в программную систему, в которой производится первоначальный расчет результирующего контрольного ускорения. Чем ближе результирующее контрольное ускорение образца к целевому ускорению, тем точнее будет результат.

Если известно, что на какой-то из участков тестируемого изделия оказывается малое вибрационное воздействие, то весовой коэффициент увеличивается, если вибрационное воздействие слишком велико, то наоборот – уменьшается. Вибрационное воздействие должно быть равномерным, иначе пострадает точность проводимого испытания. Поэтому актуальной задачей становится разработка комплекса программ для автоматизированного расчета, который заключается в нахождении оптимальных весовых коэффициентов.

Программное обеспечение, взаимодействующее с вибрационным стендом. Для взаимодействия с вибрационным стендом компанией Ecom Technologies была разработана программная система Vibration Control System [2]. При запуске программной системы предлагается выбрать тип испытания (см. рис. 1).

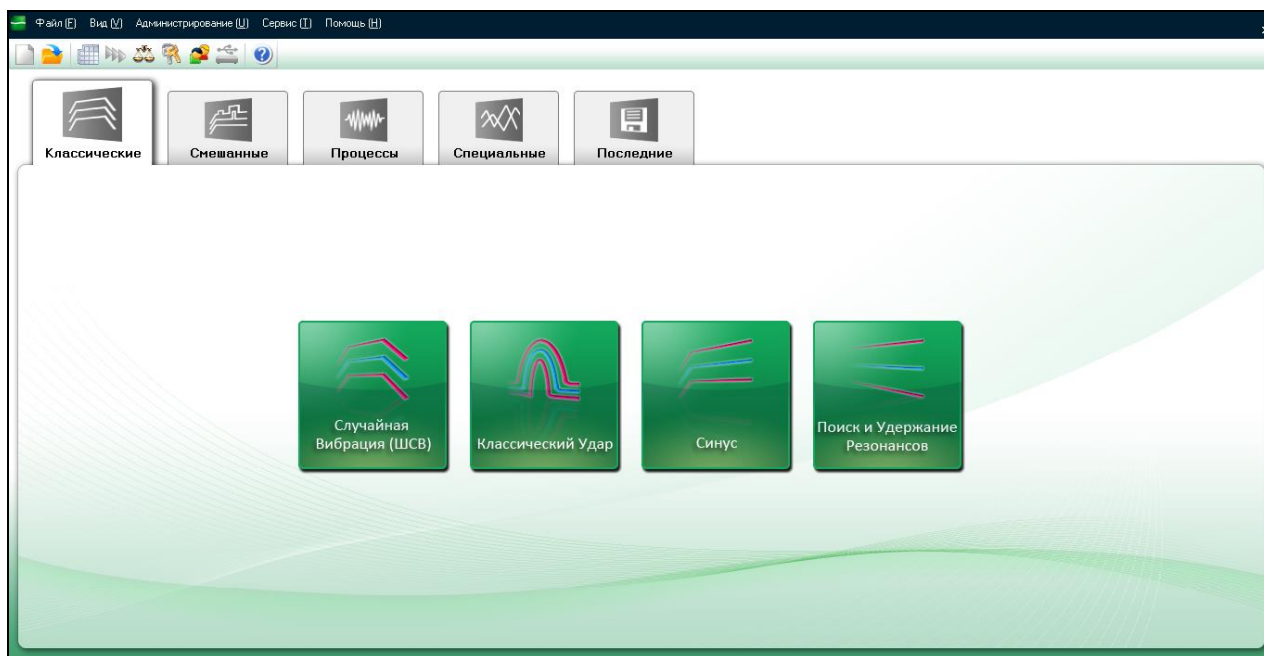


Рис. 1. Начальное окно программы Vibration Control System.

После выбора типа испытания, например, «Синус», открывается окно, в котором показан график зависимости ускорения от частоты. Например, в конфигурации, соответствующей рисунку 2, показаны значения ускорений, зафиксированные на четырех датчиках, закрепленных на тестируемом образце и значение целевого ускорения.

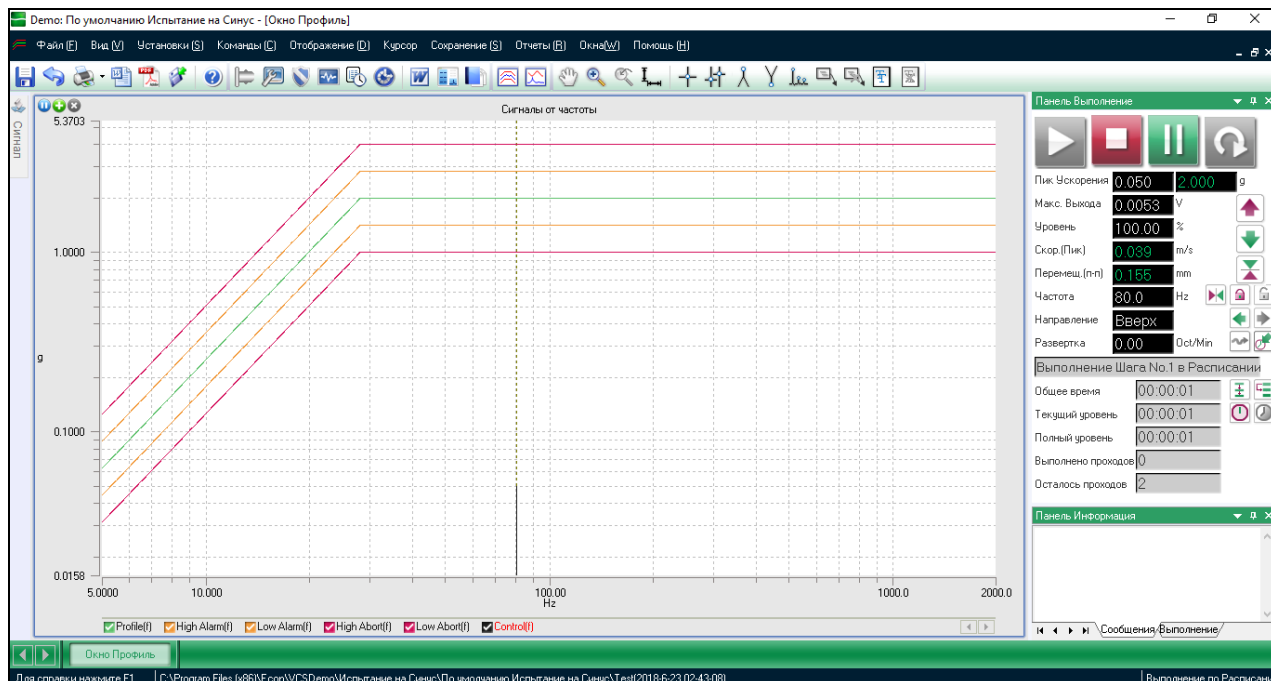


Рис. 2. График испытания устройства на синус.

В результате испытания формируется отчет о работе станда, фрагменты которого продемонстрированы на рисунках 3–6. Так, в таблице, представленной на рисунке 3, показаны максимальные значения ускорений, скоростей и смещений. Целевые значения вышеперечисленных критериев показаны сверху, значения, зафиксированные на станде, – снизу.

Profile Parameters	
Profile	
Profile Acceleration's Peak	1 g
Profile Velocity's Peak	0.0699803 m/s
Profile Displacement's Peak-Peak	1 mm
Shaker acceleration(peak)	34 g
Shaker velocity (peak)	1.8 m/s
Shaker displacement (peak-peak)	51 mm

Рис. 3. Отчет о проведенном испытании (начало).

Таблица на рисунке 4 отображает целевые значения частоты, ускорения, скорости и смещения. Все вышеперечисленные значения зафиксированы в начале испытания, после преломления ускорения (при достижении максимального ускорения) и в конце испытания.

ECON									
Profile table parameters									
Frequency(Hz)	Acceleration (g)	Velocity (m/s)	Displacement (Peak-Peak)(mm)	Left slope(dB/Oct)	Right slope(dB/Oct)	High Alarm(dB)	Low Alarm(dB)	High Abort(dB)	Low Abort(dB)
10	0.201421	0.0314159	1		Constant Disp.	3	-3	6	-6
22.2817	1	0.07	1	Constant Disp.	Constant Acc.	3	-3	6	-6
100	1	0.0155972	0.0496474	Constant Acc.		3	-3	6	-6

Рис. 4. Отчет о проведенном испытании (продолжение).

На рисунке 5 представлен график, отражающий результирующее целевое значение ускорения и целевые значения ускорений, зафиксированные на образце.

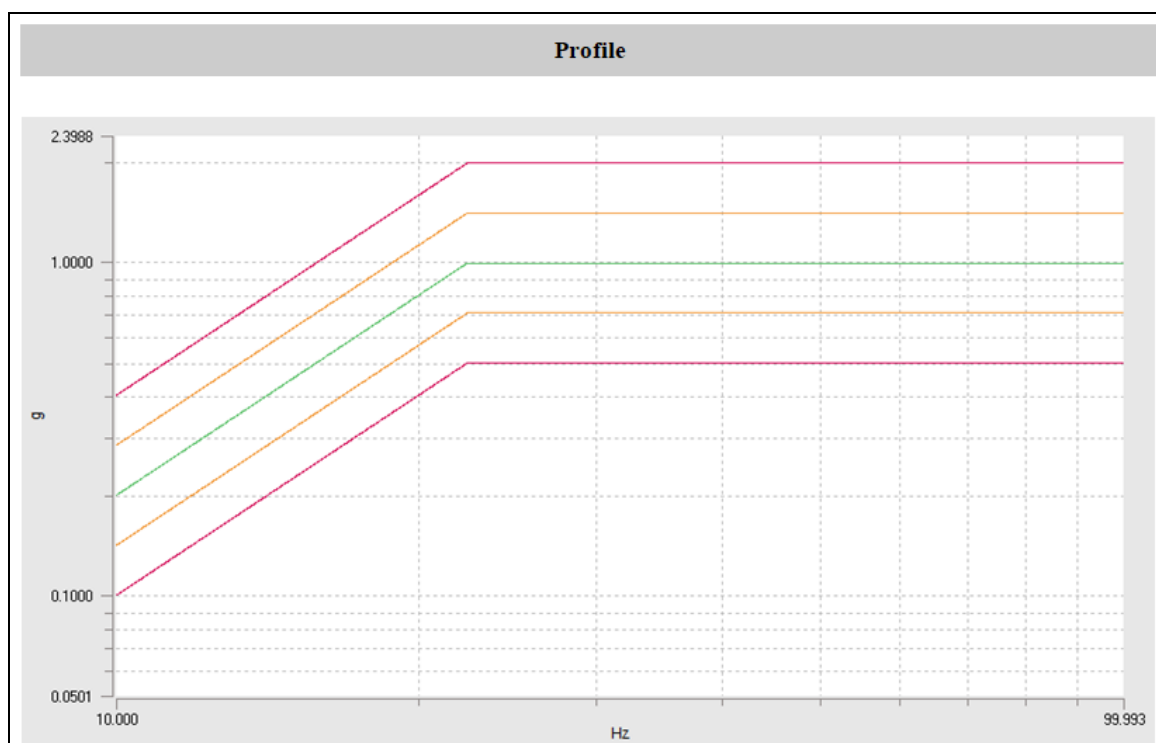


Рис. 5. Отчет о проведенном испытании (продолжение).

На рисунке 6 показаны контрольные значения ускорений, полученные в ходе испытания, а также значение целевого ускорения.

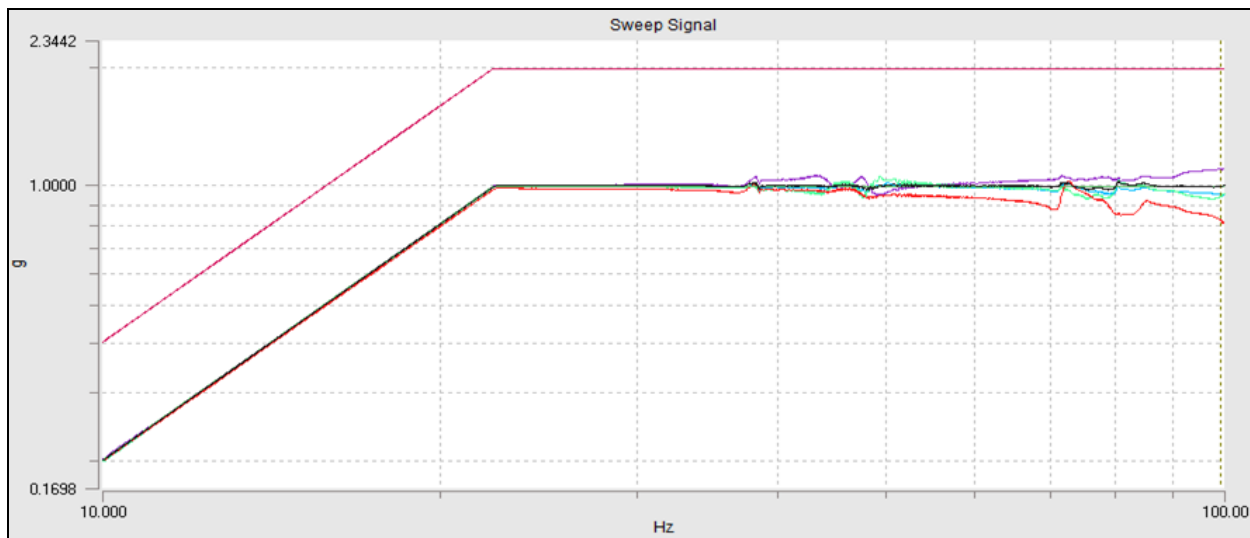


Рис. 6. Отчет о проведенном испытании (окончание).

Результат проведенного испытания сохраняется в файл формата .xls. Данные из этого файла будут использоваться в качестве исходных для работы программного комплекса. Фрагмент файла продемонстрирован на рисунке 7.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Frequency	Control1	Control2	Control3	Stand	ResultantControl	Target
2	X (Hz)	Y (g)	Y (g)	Y (g)	Y (g)	Y (g)	Y (g)
3	10	0,201638	0,203157	0,200102	0,200814	0,201632	0,201421
4	10,0113	0,20157	0,203231	0,200096	0,200807	0,201632	0,201874
5	10,0225	0,201575	0,203243	0,200106	0,200795	0,201641	0,202329
6	10,0338	0,201839	0,203353	0,200103	0,200887	0,201765	0,202785
7	10,0451	0,202142	0,203804	0,200583	0,2013	0,202177	0,203241
8	10,0564	0,202553	0,204367	0,201253	0,201864	0,202725	0,203699
9	10,0677	0,203103	0,204952	0,201835	0,202438	0,203297	0,204158
10	10,0791	0,20371	0,205562	0,202403	0,202976	0,203892	0,204618
11	10,0904	0,204364	0,206245	0,203138	0,203706	0,204582	0,205078
12	10,1018	0,204904	0,206809	0,203633	0,204252	0,205115	0,20554
13	10,1131	0,205488	0,207315	0,204027	0,204749	0,20561	0,206003
14	10,1245	0,206006	0,207786	0,20434	0,205127	0,206044	0,206467

Рис.7. Результат проведенного испытания.

В первом столбце таблицы хранятся частоты, воздействующие на образец, во втором, третьем и четвертом столбцах показаны ускорения, зафиксированные на первом, втором и третьем датчиках, закрепленных на образце, в пятом столбце показаны ускорения, зафиксированные на датчике, закрепленном на стенде, в шестом столбце показано результирующее контрольное ускорение, а в седьмом – целевое ускорение.

Разработка диаграммы вариантов использования. Комплекс программ, реализующий автоматизированную обработку результатов испытаний в лаборатории механических испытаний ЦПИ, представляет собой программное обеспечение для расчета весовых коэффициентов и резонансных частот и систему с архитектурой клиент-сервер, которая объединяет аппаратную часть системы, представляющую собой компьютер, фиксирующий и форматирующий результаты испытаний, компьютер-сервер, получающий форматированную информацию, и компьютеры-клиенты, на которых производятся расчеты.

Взаимоотношения актеров и прецедентов представлены на диаграмме вариантов использования, продемонстрированной на рисунке 8.

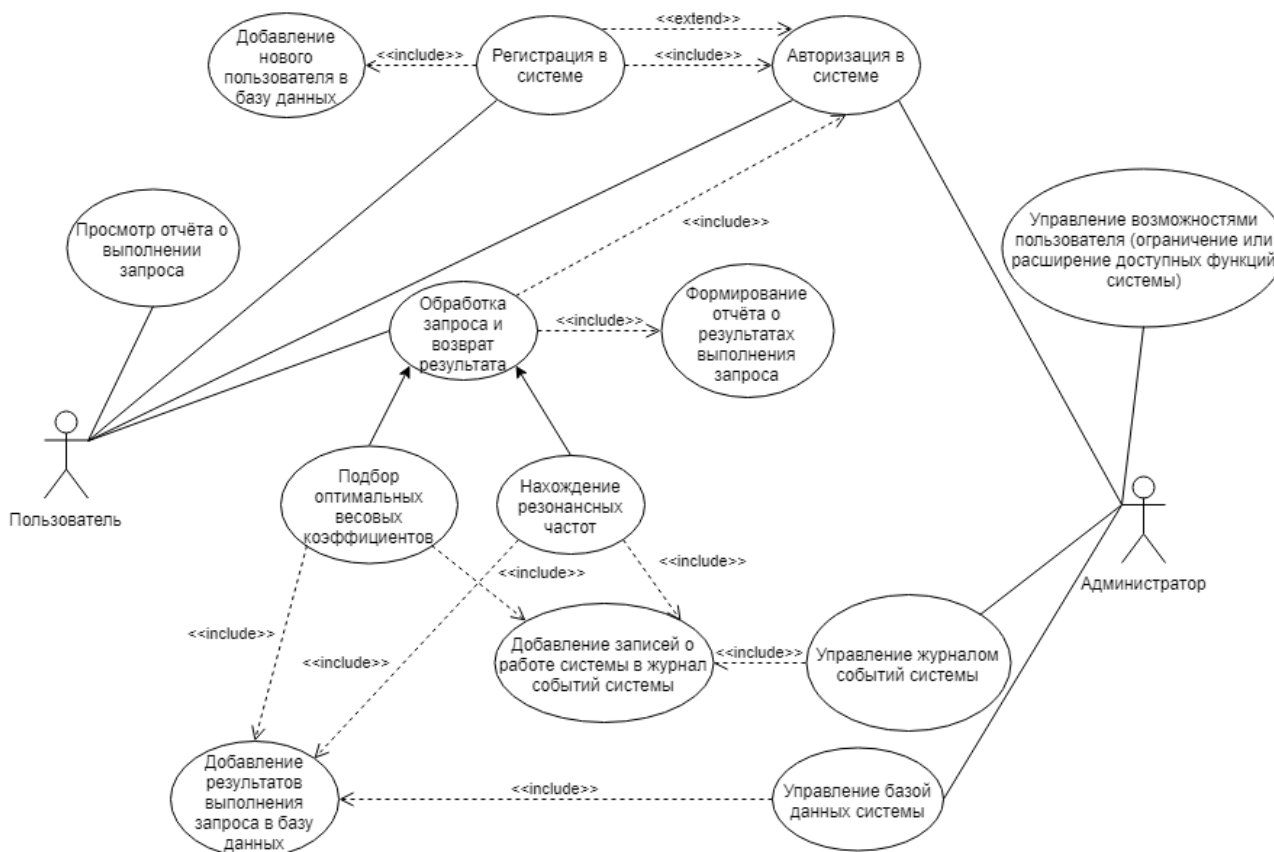


Рис. 8. Диаграмма вариантов использования.

Разработка логической модели. Логическая модель включает описание и диаграммы наиболее важных модулей системы, описания значимых классов [3].

На рисунке 9 представлена диаграмма классов системы.

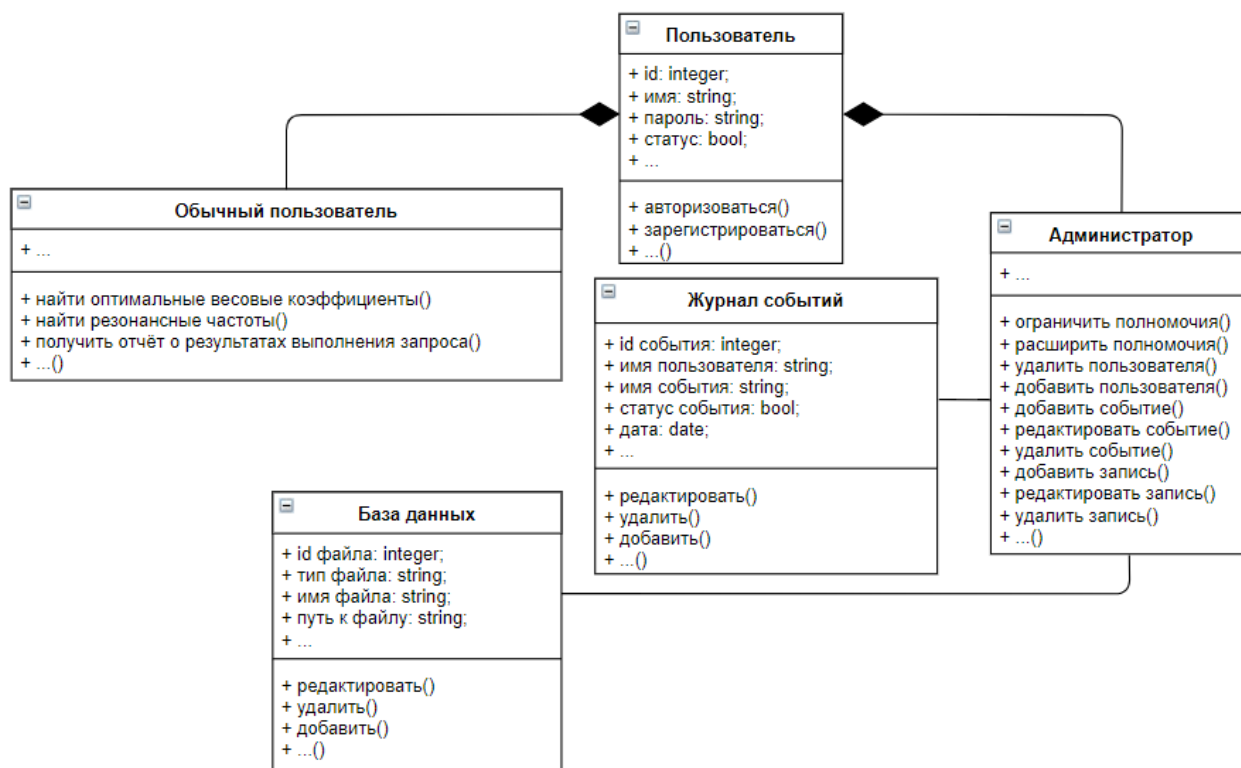


Рис. 9. Диаграмма классов.

Разработка модели размещения. Модель размещения описывает варианты физического размещения элементов системы, требования к оборудованию [3]. Для отображения варианта физического размещения элементов комплекса программ автоматизации обработки результатов испытаний использована диаграмма развертывания, представленная на рисунке 10.

Как видно из диаграммы развертывания, результаты испытаний изначально сохраняются на компьютере, взаимодействующим с вибрационным стендом. На этом компьютере установлено специализированное ПО для получения результатов испытаний в нужном формате. Далее результаты испытаний передаются на компьютер-сервер, который сохраняет все результаты испытаний в базу данных. База данных создана и в настоящий момент управляется СУБД MS SQL Server 2017. Программное обеспечение, установленное на компьютере-сервере, ориентировано на работу с базой данных, а ПО на компьютерах-клиентах ориентировано непосредственно на выполнение вычислений, а также на работу с базой данных. База данных едина и для клиента, и для сервера, что позволяет обращаться к

результатам испытаний и к результатам выполнения запросов с любого компьютера в рамках данной сети.

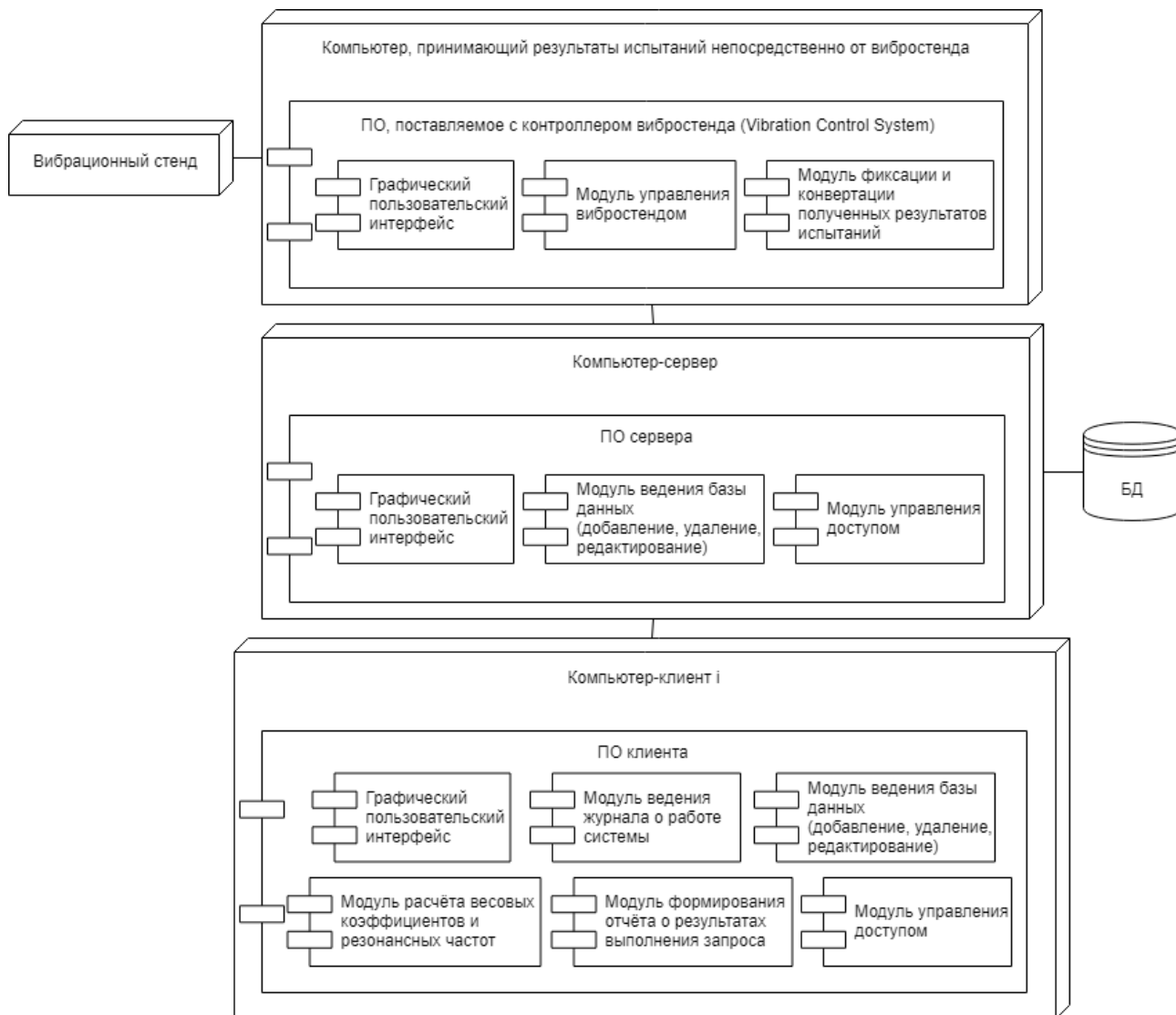


Рис. 10. Диаграмма развертывания.

Разработка модели реализации. Модель реализации описывает разделение системы на отдельные компоненты, независимые задачи, подпрограммы, информационные и управляющие потоки и связи между элементами системы [4].

Для представления модели реализации используется диаграмма компонентов, представленная на рисунке 11.

Архитектура комплекса программ автоматизации обработки результатов испытаний делится на три уровня:

- уровень представления информации;
- уровень логики;
- уровень данных.

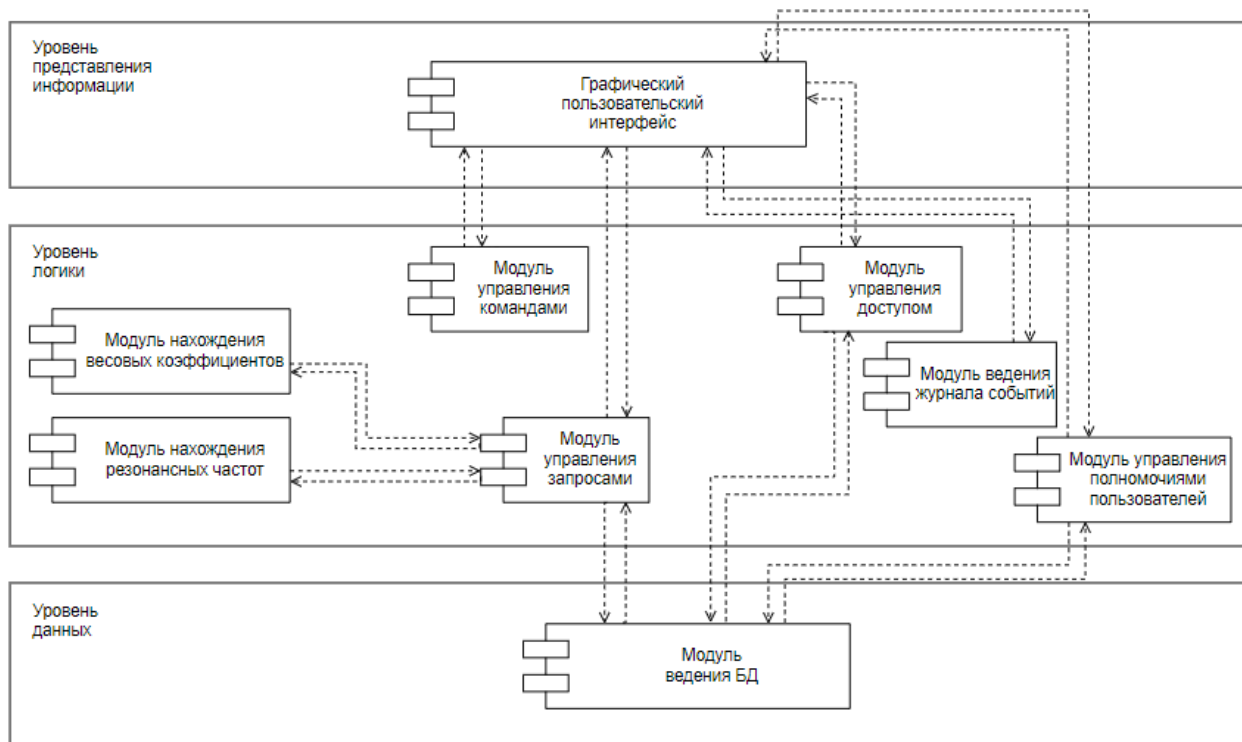


Рис. 11. Диаграмма компонентов.

На уровне представления информации осуществляется взаимодействие системы с пользователем. Через графический пользовательский интерфейс производится ввод данных в систему и вывод запрашиваемой пользователем информации.

Все вычисления системы производятся на уровне логики. Здесь обрабатываются команды и запросы, принимаемые от пользователя, формируются отчеты, осуществляются расчеты весовых коэффициентов и резонансных частот.

Уровень данных содержит базу данных, в которой находятся все данные о пользователях, результатах испытаний и других данных, получаемых в результате выполнения запросов или вводимых администратором системы.

Заключение. В лаборатории механических испытаний Центра проектирования инноваций (АУ «Технопарк – Мордовия», Республика Мордовия) проводятся испытания на вибрационном стенде МРА714/М748/ВТ1000М, в ходе которых требуется осуществление непосредственного контроля оператора над работой программной системы Vibration Control System, взаимодействующей с вибростендом. Например, оператор должен производить вычисление и подстановку оптимальных начальных значений (в данном случае весовых коэффициентов) вручную с целью достижения целевого ускорения. Разрабатываемый комплекс программ предполагает автоматизированный расчет и подстановку оптимальных значений, что существенно повысит точность и скорость проведения испытаний. Кроме того, выполняется нахождение резонансных частот устройства, если таковые имеются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Центр проектирования инноваций (ЦПИ). Лаборатория механических испытаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.technopark-mordovia.ru/design-center-of-innovation/#dci-09> (дата обращения: 04.06.2019).
2. ECON Technologies (Hangzhou) Co.,LTD Products [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://econtechology.en.ec21.com/Multi_axis_Vibration_Control_System-6877959_6877993.html (дата обращения: 04.06.2019).
3. ISO/IEC 19505-1:2012 – Information technology – Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML). – Part 1: Infrastructure [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/32624.html> (дата обращения: 11.02.2018).
4. ISO/IEC 19505-1:2012 – Information technology – Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML). – Part 2: Superstructure [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/52854.html> (дата обращения: 11.02.2018).