

УДК 004.942:658.51:629.5

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ****М.А. Долматов, А.М. Плотников, В.А. Харитонов (Санкт-Петербург)**

На сегодняшний день существует два основных подхода к обработке результатов экспериментов, выполненных посредством имитационной модели производственной системы предприятия. Первый подход заключается в том, что анализом и интерпретацией полученных результатов занимается разработчик модели (при наличии достаточных компетенций), а второй – привлечение для этой задачи аналитиков и специалистов предметной области (технологов, проектантов) [1–4].

Второй подход позволяет повысить эффективность работы и сократить сроки анализа результатов моделирования за счет вовлечения в процесс большего числа специалистов. Реализация данного подхода может быть выполнена организационными методами, а также посредством встроенных возможностей специализированного программного обеспечения. Например, в программном комплексе АС «Сириус» 2.0⁷ [5] это реализовано за счет функции распределения прав доступа пользователей к различным разделам исходных данных и результатов моделирования. Это позволяет в рамках локальной вычислительной сети организации создавать произвольные группы пользователей, независимо работающих с единой базой данных.

Автоматизированный программный комплекс АС «Сириус» 2.0 имеет в своем составе функционал для представления исследователю результатов экспериментов на имитационной модели. Эти представляемые в различной форме данные включают:

- данные по длительности выполнения производственной программы, как в целом, так и по отдельным заказам, с разбивкой по производственным этапам (в табличном и графическом виде);
- данные по загрузке технологического (с разбивкой на подгруппы), кранового и транспортного оборудования; данные приводятся в двух вариантах – сводная статистика за весь период моделирования и по месяцам;
- данные по загрузке основного производственного персонала (бригад), как сводная статистика за весь период моделирования, так и статистика по месяцам;
- расписание поставок крупногабаритного оборудования;
- информация о расходе листового и профильного металлопроката со склада;
- стапельное расписание (схема размещения сборочных единиц и заказов в различных временных срезах);
- 3D визуализация процесса перемещения сборочных единиц и заказов на планировке предприятия [6–9].

Вместе с тем, использование результатов, полученных в АС «Сириус» 2.0, имеет ряд ограничений:

- отсутствие гибкой настройки выходных форм;
- необходимость наличия предустановленного программного обеспечения автоматизированной системы, дополнительных программных сервисов и симуляционного ядра на рабочих местах пользователей либо на серверах вычислительной сети предприятия;
- отсутствие возможности прямого сравнения между собой произвольных групп результатов экспериментов на модели;

⁷ Совместная разработка АО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (Санкт-Петербург) и ООО «Элина-Компьютер» (Казань).

- невозможность прямого сравнения результатов моделирования для разных предприятий при выполнении ими схожих (сопоставимых) производственных программ;

- необходимость наличия обученного работе с АС персонала.

АС «Сириус» 2.0 требует развертывания на рабочем месте трех дополнительных сервисов, симуляционного ядра, а также основного приложения, что ограничивает возможности его применения в рамках подхода «Разработчик модели – Аналитики/Специалисты предметной области»

АС «Сириус» 2.0 предоставляет лишь частичную возможность сравнения результатов моделирования выполнения одинаковой производственной программы для различных предприятий или результатов моделирования при произвольном изменении исходных данных. В итоге аналитик вынужден отслеживать все интересующие его результаты моделирования в режиме просмотра, вместо того, чтобы просто указать интересующие его блоки данных или результатов за требуемый период. Кроме того, при моделировании реального производства необходимо учитывать тот факт, что выходные формы могут изменяться от предприятия к предприятию, и даже в рамках одного предприятия с течением времени может возникнуть потребность в иных отчетных формах.

Изменение же выходных форм и состава выгружаемых данных, а также внедрение дополнительных фильтров по требованию аналитика требует внесения существенных изменений в АС «Сириус» 2.0, т.е. привлечения программиста и затрат времени на корректировку программного кода приложения.

В связи с вышесказанным было принято решение о разработке внешнего приложения, которое:

- значительно расширяет основной функционал АС в части представления исходных данных и результатов моделирования;

- позволяет выполнять гибкую настройку интерфейса и выходных форм документов под конкретные задачи и требования предприятия без необходимости привлечения программиста;

- способно функционировать независимо от АС «Сириус» 2.0 и может запускаться с переносного носителя;

- способно интегрироваться в АС (в качестве модуля расширения).

Для своего функционирования разработанное авторами приложение (модуль «Статистика») использует массив данных, содержащий как результаты имитационного моделирования (детальный лог работы модели, включающий все выполняемые операции и привлекаемые ресурсы), так и весь набор исходных данных, использованных в конкретной модели. Для формирования такого массива информации в состав АС «Сириус» 2.0 был добавлен специальный модуль экспорта данных в формат XML [10].

Модуль «Статистика» обеспечивает обработку, формирование и вывод на экран и по запросу пользователя в табличные формы Microsoft Excel блоков соответствующей статистики, полученной по результатам имитационного моделирования и отражающей в динамике состояние строящихся изделий и производственной среды.

Статистические данные автоматически выводятся в отдельные окна приложения. Состав и объем выводимой статистики задается в окнах настройки программного решения.

Пользовательский интерфейс модуля «Статистика» обеспечивает:

- управление работой приложения;

- загрузку соответствующих XML-файлов с исходными данными модели и результатами экспериментов на модели;
- обработку, структурирование и преобразование исходных данных во внутренний формат приложения;
- извлечение из внутреннего формата необходимых массивов статистических данных;
- экспорт сформированной статистики в таблицы Microsoft Excel;
- настройку соответствующих параметров, управляющих составом и объемом формируемой статистической информации;
- задание временного диапазона, в рамках которого необходимо сформировать статистику.

В общем случае статистика отражает следующие информационные категории:

- показатели времени (сроки, даты, длительности);
- судовые заказы;
- конструктивные элементы судна;
- сборочные единицы (корпус, блоки, секции, узлы и пр.);
- сборочно-монтажные единицы (СМЕ);
- производственные мощности;
- транспортное, крановое и технологическое оборудование;
- стадии (периоды, этапы) строительства и виды производства;
- технологические процессы;
- производственные бригады.

Описание окон пользовательского интерфейса для работы с отдельными категориями данных приведено далее.

На рис. 1 показан фрагмент окна с деревом судового заказа – перечень сборочных единиц, составляющих основной корпус судна и надстройку. По каждой сборочной единице в правой части окна отображаются все ее характеристики (при их наличии в базе данных модели). Помимо сборочных единиц в дерево заказа входят сборочно-монтажные единицы (крупное оборудование), судовые системы, фундаменты, компоненты корпусостроительной номенклатуры и машиностроительной части (МСЧ).

Модуль "Статистика"																																					
Файл Отчеты Справка																																					
CE - Фальшборт на Главной палубе, ДП - Палуба 1 ДП. Объемная секция кормовой оконечности - Фальшборт на Палубе 2, ДП - Пиллерсы в надстройке 2-ого яруса, ДП - Кормовая стенка надстройки 2-ого яруса, ДП - Фальшборт на Палубе 1, ДП - Палуба 2 ЛБ. - Палуба 2 ПрБ. - Выгородки, переборки и пиллерсы в надстройке 2 - Объемная секция Палубы 1 с нижележащими выг - Объемная секция Палубы 1 с нижележащими выг - Объемная секция кормовой оконечности - Фальштруба - Фальшборт на Палубе 3, ПрБ - Фальшборт на Палубе 3, ЛБ - Фальшборт на Палубе 2, ЛБ - Фальшборт на Палубе 2, ПрБ - Палуба 3 ЛБ. - Палуба 3 ПрБ. - Кормовая секция надстройки 3-его яруса, ДП - Фальшборт на Палубе 1, ЛБ. Секция	<table> <tr> <th>Название параметра</th><th>Значение параметра</th></tr> <tr> <td>Номер секции (маркировка)</td><td>1001</td></tr> <tr> <td>Наименование</td><td>Объемная секция кормовой оконечности</td></tr> <tr> <td>Район</td><td>168 : 0 : корма : 0</td></tr> <tr> <td>Тип</td><td>СЕ</td></tr> <tr> <td>Тип СЕ</td><td>Объемная секция</td></tr> <tr> <td>Материал</td><td>Сталь</td></tr> <tr> <td>Масса, т</td><td>29,3</td></tr> <tr> <td>Высота, м</td><td>2,6</td></tr> <tr> <td>Длина, м</td><td>4,323</td></tr> <tr> <td>Ширина, м</td><td>14,6</td></tr> <tr> <td>Подготовительный период, ч</td><td>1 064,2</td></tr> <tr> <td>Заготовительный период, ч</td><td>2 660,5</td></tr> <tr> <td>Корпусосборочный (блочный) период, ч</td><td>1 596,3</td></tr> <tr> <td>Стапельный период, ч</td><td>3 192,6</td></tr> <tr> <td>Достроечный период, ч</td><td>4 256,8</td></tr> <tr> <td>Швартовные испытания, ч</td><td>0,0</td></tr> <tr> <td>Ходовые испытания, ч</td><td>0,0</td></tr> </table>	Название параметра	Значение параметра	Номер секции (маркировка)	1001	Наименование	Объемная секция кормовой оконечности	Район	168 : 0 : корма : 0	Тип	СЕ	Тип СЕ	Объемная секция	Материал	Сталь	Масса, т	29,3	Высота, м	2,6	Длина, м	4,323	Ширина, м	14,6	Подготовительный период, ч	1 064,2	Заготовительный период, ч	2 660,5	Корпусосборочный (блочный) период, ч	1 596,3	Стапельный период, ч	3 192,6	Достроечный период, ч	4 256,8	Швартовные испытания, ч	0,0	Ходовые испытания, ч	0,0
Название параметра	Значение параметра																																				
Номер секции (маркировка)	1001																																				
Наименование	Объемная секция кормовой оконечности																																				
Район	168 : 0 : корма : 0																																				
Тип	СЕ																																				
Тип СЕ	Объемная секция																																				
Материал	Сталь																																				
Масса, т	29,3																																				
Высота, м	2,6																																				
Длина, м	4,323																																				
Ширина, м	14,6																																				
Подготовительный период, ч	1 064,2																																				
Заготовительный период, ч	2 660,5																																				
Корпусосборочный (блочный) период, ч	1 596,3																																				
Стапельный период, ч	3 192,6																																				
Достроечный период, ч	4 256,8																																				
Швартовные испытания, ч	0,0																																				
Ходовые испытания, ч	0,0																																				

Рис. 1. Фрагмент окна с деревом судового заказа

На рис. 2 показан фрагмент окна с перечнем технологического, кранового и транспортного оборудования предприятия. По каждой единице оборудования в правой части окна отображаются все ее характеристики (при их наличии в базе данных модели).

Оборудование предприятия		
- Автомобильный транспорт - АТ - Мостовой кран - Козловой кран - Полукозловой кран со стрелой - Стреловой кран - Портальный кран - Стенд/постель - Сборочная линия - Полукозловой кран - Буфер стендов - Сборочный стенд - Спусковое сооружение - Судовозная тележка - Стапельная тележка - Тип оборудования - Трейлер - Автокран - Цеховая телега	Название параметра	Значение параметра
	Наименование	АТ
	Описание	Автомобильный транспорт
	Производитель	
	Инвентарный номер	
	Поставщик	
	Длина, м	4
	Ширина, м	2
	Высота, м	0
	Масса, т	0
	Общее количество, шт	9
	Скорость движения порожнем...	2
	Скорость движения с полной з...	1
	Нормативный срок службы, лет	
	Максимальная длина груза, м	18

Рис. 2. Фрагмент окна с перечнем оборудования предприятия

На рис. 3 показан фрагмент окна с выводом результатов моделирования (аналог журнала моделирования АС «Сириус» 2.0).

Результаты моделирования включают в себя перечень всех операций (технологических, транспортных и т.п.), произошедших за время расчета модели. Для каждой операции приводится время начала и завершения, привлеченные ресурсы (участок, бригада, оборудование), а также сборочная единица (СЕ) или СМЕ в отношении которой данная операция выполняется.

Дата начала	Дата завершения	Длительность	Событие/операция	Заказ	СЕ/СМЕ	Оборудование	Технология	Бригада
19.05.2014 ...	31.05.2014...	281.95	Изготовление секции конта...	@0020	5123 Секция продольной выгородки	СТ-9-02-14500-19500-К	Изготовление секции конта...	Паскин Н.Н.
20.05.2014 ...	20.05.2014...	0.50	Перемещение СЕ	@0020	5113 Секция поперечной выгородки	Мостовой кран 16/3.2 т	Перемещение СЕ	Такелажный участок 2036
20.05.2014 ...	20.05.2014...	7.86	Сборка блока 5 на раме	@0020	5113 Секция поперечной выгородки	СТ-9-13-24600-15257-Р	Сборка блока 5 на раме	Валицкого В.П.
20.05.2014 ...	20.05.2014...	0.50	Перемещение СЕ	@0020	5121 Секция продольной выгородки	Мостовой кран 16/3.2 т	Перемещение СЕ	Такелажный участок 2036
20.05.2014 ...	20.05.2014...	8.33	Сборка блока 5 на раме	@0020	5121 Секция продольной выгородки	СТ-9-13-24600-15257-Р	Сборка блока 5 на раме	Валицкого В.П.
20.05.2014 ...	20.05.2014...	0.50	Перемещение СЕ	@0020	5111 Секция продольной выгородки	Мостовой кран 16/3.2 т	Перемещение СЕ	Такелажный участок 2036
20.05.2014 ...	21.05.2014...	14.34	Сборка блока 5 на раме	@0020	5111 Секция продольной выгородки	СТ-9-13-24600-15257-Р	Сборка блока 5 на раме	Валицкого В.П.
20.05.2014 ...	20.05.2014...	0.50	Перемещение СЕ	@0020	5115 Секция продольной выгородки	Мостовой кран 16/3.2 т	Перемещение СЕ	Такелажный участок 2036
20.05.2014 ...	20.05.2014...	0.50	Перемещение СЕ	@0020	5116 Секция продольной выгородки	Мостовой кран 50/12.5 т	Перемещение СЕ	Такелажный участок 2036
20.05.2014 ...	20.05.2014...	0.50	Перемещение СЕ	@0020	5122 Секция продольной выгородки	Мостовой кран 16/3.2 т	Перемещение СЕ	Такелажный участок 2036
20.05.2014 ...	21.05.2014...	18.73	Сборка блока 5 на раме	@0020	5115 Секция продольной выгородки	СТ-9-13-24600-15257-Р	Сборка блока 5 на раме	Валицкого В.П.
20.05.2014 ...	21.05.2014...	18.73	Сборка блока 5 на раме	@0020	5116 Секция продольной выгородки	СТ-9-13-24600-15257-Р	Сборка блока 5 на раме	Валицкого В.П.
20.05.2014 ...	21.05.2014...	18.96	Сборка блока 5 на раме	@0020	5122 Секция продольной выгородки	СТ-9-13-24600-15257-Р	Сборка блока 5 на раме	Валицкого В.П.
21.05.2014 ...	21.05.2014...	0.50	Перемещение СЕ	@0020	5114 Секция продольной выгородки	Мостовой кран 32/5 т	Перемещение СЕ	Такелажный участок 2036
21.05.2014 ...	22.05.2014...	22.66	Сборка блока 5 на раме	@0020	5114 Секция продольной выгородки	СТ-9-13-24600-15257-Р	Сборка блока 5 на раме	Валицкого В.П.
21.05.2014 ...	21.05.2014...	0.50	Перемещение СЕ	@0020	5112 Секция продольной выгородки	Мостовой кран 32/5 т	Перемещение СЕ	Такелажный участок 2036
21.05.2014 ...	22.05.2014...	26.36	Сборка блока 5 на раме	@0020	5112 Секция продольной выгородки	СТ-9-13-24600-15257-Р	Сборка блока 5 на раме	Валицкого В.П.
21.05.2014 ...	21.05.2014...	0.50	Перемещение СЕ	@0020	5117 Секция продольной выгородки	Мостовой кран 16/3.2 т	Перемещение СЕ	Такелажный участок 2036
21.05.2014 ...	21.05.2014...	0.50	Перемещение СЕ	@0020	5109 Секция поперечной выгородки	Мостовой кран 16/3.2 т	Перемещение СЕ	Такелажный участок 2036
21.05.2014 ...	21.05.2014...	0.50	Перемещение СЕ	@0020	5110 Секция продольной выгородки	Мостовой кран 16/3.2 т	Перемещение СЕ	Такелажный участок 2036
21.05.2014 ...	22.05.2014...	28.21	Сборка блока 5 на раме	@0020	5117 Секция продольной выгородки	СТ-9-13-24600-15257-Р	Сборка блока 5 на раме	Валицкого В.П.

Рис. 3. Фрагмент окна с данными результатов моделирования

На рис. 4 показана одна из закладок окна экспорта статистики, в которой можно настроить параметры выгрузки данных по выполнению производственной программы и, при необходимости, выгрузить отдельно эту форму в Microsoft Excel.

В данном окне пользователю предоставляется возможность выбрать временной промежуток – параметр, по которому будут сортироваться заказы производственной программы. Вспомогательное окно, доступное по кнопке «Дополнительные настройки», позволяет исключить из выборки отдельные заказы и задать цветовую маркировку заказов при выполнении определенных пользователем условий.

Во вкладке «Сводные данные по использованию оборудования» можно настроить параметры выгрузки данных по использованию и загруженности оборудования (кранового, технологического, транспортного и их подкатегорий) и, при необходимости, выгрузить отдельно эту форму в Microsoft Excel. Пользователю предоставляется возможность выбрать временной промежуток, а воспользовавшись кнопками «Выбор категорий оборудования» и «Фильтр по заказам» – ограничить перечень выгружаемых данных отдельными заказами и категориями оборудования.

Во вкладке «Сводные данные по бригадам» можно настроить параметры выгрузки данных по загруженности бригад и, при необходимости, выгрузить отдельно эту форму в Microsoft Excel. Пользователю предоставляется возможность выбрать временной промежуток, а воспользовавшись фильтром по бригадам, настроить то, какие бригады будут включены в выходную форму или же, воспользовавшись кнопкой «фильтр по заказам» оставить в выборке только те бригады, которые задействованы в работе с выбранными заказами.

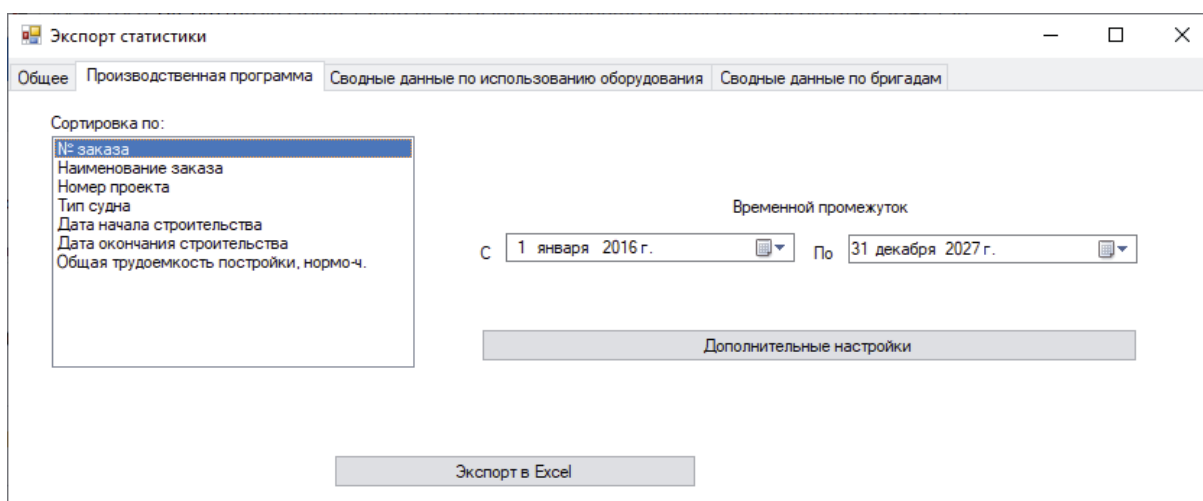


Рис. 4. Окно экспорта статистики в Microsoft Excel

Результатами выгрузки являются xlsx-файлы – выходные формы. Примеры и описание этих форм приведено далее.

На рис. 5 приведен фрагмент выходной формы «Выполнение производственной программы». Первый лист формы содержит общую информацию о выполнении программы, включающую в себя длительность и общую трудоемкость постройки, а второй лист предоставляет разбивку трудоемкости по этапам постройки.

								Форма 1
Сводные данные о выполнении производственной программы предприятия АО "СНСЗ" за период с 01.01.2016 по 31.12.2027								
Дата выдачи документа 16.09.2025 12.30								
№	Номер заказа	Наименование заказа	Номер проекта	Тип судна	Начало постройки	Конец постройки	Длительность постройки месяцев (дней)	Трудоемкость постройки, тыс. н.-ч.
1	@0001	12700 (5 серийный)	12700 (5 серийный)	Тральщики	06.06.2016 0:00:00	30.11.2021 0:00:00	2004	80 344.83
2	@0002	12700 (5 серийный)	12700 (5 серийный)	Тральщики	06.06.2016 0:00:00	30.11.2021 0:00:00	2004	81 935.84
3	@0003	12700 (5 серийный)	12700 (5 серийный)	Тральщики	06.06.2016 0:00:00	30.11.2021 0:00:00	2004	81 367.21
4	@0004	12700 (6 серийный)	12700 (6 серийный)	Тральщики	06.06.2016 0:00:00	30.11.2021 0:00:00	2004	80 994.53
5	@0005	12700 (6 серийный)	12700 (6 серийный)	Тральщики	06.06.2016 0:00:00	31.03.2022 0:00:00	2125	80 487.45

Рис. 5. Фрагмент выходной формы «Выполнение производственной программы»

На рис. 6 приведен фрагмент выходной формы «Сводные данные по использованию и загрузке кранового оборудования», в которой приводятся как сводные данные, так и с разбивкой по месяцам.

Аналогичные формы автоматически заполняются для транспортного и технологического оборудования, если их выгрузка не была отключена в настройках. Первый лист формы содержит сводную информацию по оборудованию с разделением на категории, а второй – информацию о распределении загрузки по месяцам.

											Форма 2-1
Сводные данные по использованию кранового оборудования предприятия АО "СНСЗ" за период с 01.01.2016 по 31.12.2027											
Дата выдачи документа 16.09.2025 13.15											
№	Маркировка	Наименование оборудования	Кол-во единиц	Груз-ть (т)	Общее время работы (час)	Общее количество перемещ. СЕ/СМЕ (шт)	Среднее время перем. СЕ/СМЕ (час)	Максим. длина СЕ/СМЕ (м)	Максим. ширина СЕ/СМЕ (м)	Максим. высота СЕ/СМЕ (м)	Максим. масса СЕ/СМЕ (т)
Мостовые краны											
1	МК-13	Мостовой кран 32/5 т	1	32	45	90	0.5	15	14.6	4.2	35.4
2	МК-14	Мостовой кран 32/5 т	1	32	24.5	49	0.5	23.5	14.4	2.7	10

Рис. 6. Фрагмент выходной формы «Сводные данные по использованию кранового оборудования»

На рис. 7 приведен фрагмент выходной формы «Сводные данные по бригадам», в которой можно увидеть общую информацию (списочный состав) по бригадам на первом листе, сводную информацию по загрузке бригад на втором и информацию о распределении загрузки по месяцам – на третьем листе.

Списочный состав производственных бригад ОПР предприятия АО "СНСЗ" в период с 01.01.2016 по 31.12.2027							Форма 3
Дата выдачи документа 16.09.2025 13.10							
№	Цех	Номер участка	Номер бригады	Наименование бригады	Бригадир	Числен-ть бригады (чел)	Общее время работы (час)
1		Участок монтажа оборудования	20731.2	Бр.Электрооб	Бр.Электрооб	16	480.0
2		Трубозаготовительный участок	2071.1	Бр.Трубопр.№1	Бр.Трубопр.№1	18	288.0
3		Такелажный участок	2036.1	Такелажный участок 2036	Такелажный участок 2036	9	0.4
4		Участок сборки конструкций из алюминиевых сплавов	2035.1	Бригада уч-ка 2035 Кипинова Анатолия Сергеевича	Бригада уч-ка 2035 Кипинова Анатолия Сергеевича	14	1758.0
5		Участок сборки объемных блоков	2033.1	Бригада участка 2033 Телюкина Павла Сергеевича	Бригада участка 2033 Телюкина Павла Сергеевича	16	9648.0
6		Участок узловой сборки	2032.1	Бригада уч-ка 2032 Тимофеева Геннадия Николаевича	Бригада уч-ка 2032 Тимофеева Геннадия Николаевича	13	2042.0
7		Отделочные работы на заказах пр. А45	А45.ОТД	Подрядчик (отделка А45)	Подрядчик (отделка А45)	1	480.0

Рис. 7. Фрагмент выходной формы «Списочный состав бригад»

Модуль «Статистика» разработан в среде Visual Studio 2019 с использованием языка программирования С#. Для загрузки входных данных в xml-формате используется библиотека экспорта/импорта из АС «Сириус» 2.0 /в АС «Сириус» 2.0, которая была разработана с привлечением специалистов «ООО «Элина-Компьютер» (Казань).

Дальнейшее развитие модуля «Статистика» предполагает реализацию следующих функциональных возможностей:

- сравнение двух и более результатов экспериментов на одной модели. Это позволит оценить эффективность влияния изменений в исходных данных (программа, технологии, производственные ресурсы) на итоговый результат моделирования, так и проанализировать, как эти изменения будут влиять на доступность и загруженность отдельных производственных ресурсов;
- сравнение результатов моделирования для разных предприятий при выполнении ими схожих (сопоставимых) производственных программ;
- вывод данных о периодах простоя или повышенной загрузки бригад или оборудования в графическом виде;
- генерация сводных отчетов в формате Microsoft Word.

Выводы

Модуль «Статистика» обеспечивает возможность проводить детальный анализ результатов имитационных исследований в автономном режиме, без привязки к рабочим местам с АС «Сириус» 2.0 с необходимостью иметь соответствующую лицензию. Сравнительно легко может быть выполнено встраивание модуля в информационную систему любого предприятия.

Кроме того, модуль предоставляет пользователям значительно больший по сравнению с АС «Сириус» 2.0 объем статистики, структурированной в удобном для выполнения анализа формате.

В своем составе модуль не имеет зарубежных компонент. Гибкая работа с формами выходных документов, расширение форм документов статистики, модернизация либо ввод новых форм представления результатов моделирования не требует модернизации программного комплекса АС «Сириус» 2.0.

Литература

1. **Девятков В.В.** Имитационные исследования в среде моделирования GPSS Studio: учебное пособие / В.В. Девятков, Т.В. Девятков, М.В. Федотов; под общ. ред. В.В.

- Девяткова. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2018. – 283 с. ISBN 978-5-9558-0595-5.
2. **Плотников А.М., Долматов М.А., Девятков В.В.** Вопросы имитационного (комплексного) моделирования судостроительных производств // Седьмая международная научно-практическая конференция «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем» (ИКМ МТМТС-2023). Труды конференции (ISBN 978-5-6050031-8-2). – СПб.: ИПК «НП-Принт», 2023. – 272 с. С.176-185.
 3. **Ануфриев Д.П., Холодов А.Ю.** Статистический анализ имитационных экспериментов модели системы массового обслуживания с накопителем и интервальной задержкой начала обслуживания // Вестник МГСУ, 2014. С.197-211.
 4. **Евстифеев В.В., Александров А.А., Лексутов И.С.** Имитационное моделирование и автоматизация обработки результатов эксперимента по пластическому деформированию металлов// Научный вестник НГТУ. – 2009. – № 1(34). С.211-218.
 5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018614213 от 03.04.2018 г. Приложение для автоматизированной генерации имитационных моделей, их хранения и проведения экспериментов (АС «Сириус» 2.0). Правообладатель АО «Центр технологии судостроения и судоремонта».
 6. **Девятков Т.В., Федотов М.В., Долматов М.А.** Опыт и перспективы применения методов трехмерной визуализации результатов имитационного моделирования функционирования производственных систем // В сборнике: Шестая международная научно-практическая конференция. «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем» (ИКМ МТМТС-2021). Труды конференции. Санкт-Петербург, 2021. С. 51-54.
 7. **Долматов М.А., Рындин А.А., Девятков Т.В.** 3D-визуализация имитационных исследований функционирования судостроительных производств на основе ВМ-моделей // В сборнике: Седьмая международная научно-практическая конференция «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем» (ИКМ МТМТС-2023). Труды конференции. Санкт-Петербург, 2023. С. 76-83.
 8. **Долматов М.А., Девятков Т.В.** Опыт и перспективы применения технологий виртуальной реальности для визуализации результатов имитационного моделирования функционирования производственных систем судостроительных предприятий // В сборнике: Десятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2021). Труды конференции (электронное издание). Редакторы Плотников А.М., Долматов М.А., Смирнова Е.П., Санкт-Петербург, 2021. С. 179-182.
 9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665608 от 30.09.2021 г. Приложение для автоматизированной генерации имитационных моделей, их хранения и проведения экспериментов (АС «Сириус» 2.0, модуль «3D визуализация»). Правообладатель АО «Центр технологии судостроения и судоремонта».
 10. Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition). C3C Recommendation 26 November 2008. https://www.w3.org/TR/xml_