



УДК 004.946

DOI: 10.31799/2007-5687-2020-3-25-32

ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ОБУЧАЮЩИХ СИМУЛЯТОРОВ КРАНОВЫХ ОПЕРАЦИЙ В МОРСКОМ ПОРТУ В СРЕДЕ UNITY

Д. Д. Степанов

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В статье раскрыты вопросы актуальности использования тренажерных систем для подготовки сотрудников и представлен выбор программной платформы для практической реализации. В качестве объекта исследования выбрана разработка тренажера крановых операций в морском грузовом порту. Представлена структура тренажера для крановых операций, представлена классификация тренажерных систем. Особое внимание уделено современным имитационным транспортным моделям, которые благодаря гибкости позволяют моделировать различные режимы работы и решать задачи прогноза, что положительно сказывается на подготовке персонала. Представлен функционал тренажеров компании «Транзас» и учебного симулятора Sim Crane 2020. В статье приведены оконные формы разработанного нового симулятора крановых операций в среде Unity.

Ключевые слова: морской транспорт, морской порт, морской кран, тренажер, симулятор, транспортная модель, Unity3D, подготовка оператора.

Для цитирования:

Степанов Д. Д. Вопросы разработки обучающих симуляторов крановых операций в морском порту в среде Unity // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №3(25), ISSN 2007-5687. – СПб.: ГВАП. - 2020 – с. 25-32. РИНЦ.

QUESTIONS OF THE DEVELOPMENT SPECIAL TRAINING SIMULATORS OF CRANE OPERATIONS IN THE MARINE PORT IN SOFTWARE INSTRUMENT UNITY

D. D. Stepanov

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The article reveals the questions of relevance of using special training systems for training employees and presents the choice of a software platform for practical implementation. The development of a simulator for crane operations in a marine cargo port was chosen as the object of research. The structure of the simulator for crane operations and classification of simulator systems is presented. Special attention in article is paid to modern transport simulation models, which, due to their flexibility, allow simulating various modes of operation and solving forecasting problems, which has a positive effect on stuff training. The functional of the simulators of the company "Transas" and the training simulator Sim Crane 2020 are presented. The article shows the result window forms of the developed new simulator of crane operations based on the Unity software tools and environment.

Key words: sea transport, seaport, sea crane, simulator, simulator, transport model, Unity3D, operator training.

For citation:

Stepanov D. D. Questions of the development special training simulators of crane operations in the marine port in software instrument Unity: №3(25), ISSN2007-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2020 – p. 25-32.

Введение

Сегодня тренажерно-обучающие системы – это разновидность технических систем, позволяющих решать задачи подготовки персонала с целью обучения управлению сложными техническими системами. Тренажеры широко используются в условиях, создающих угрозу жизни (агрессивные среды, внештатные ситуации) которые требуют выработки новых навыков и умений. При этом сегодня использование тренажерных систем в значительной мере позволяет улучшить подготовку персонала.

Сегодня можно выделить два ключевых момента. Первый связан с требованием ускорения подготовки сотрудников и их более быстрой адаптации к реальным процессам. Второй связан с тем, что работодатель стремиться внедрять новые технологии, которые позволят уменьшить затраты на подготовку персонала. Именно поэтому тренажеры в современном понимании появились, когда



возникла острая необходимость массовой подготовки специалистов для работы либо на однотипном оборудовании, либо со схожими рабочими действиями, а также для военных нужд. В связи с быстрой компьютеризацией мирового сообщества, сегодня, возникла целая индустрия – тренажерные технологии.

Тренажерные технологии возникли и получили наибольшее развитие там, где ошибки при обучении на реальных объектах могут привести к чрезвычайным последствиям, а их устранение – к большим финансовым затратам. В данной статье, в качестве примера, рассматриваются тренажерные системы при подготовке сотрудников для крановых перегрузочных операций в морских портах.

Современный морской порт требует четкой и слаженной работы служб, и подразделений. Ввиду возрастания интенсивности работы (рис. 1), требования к профессионализму сотрудников порта возрастают. Любая ошибка, повреждение контейнера вызовет цепную реакцию к задержкам в работе следующих служб и, в ряде случаев, может привести к финансовым потерям. Приведем в качестве примера интенсивность работы морского порта Санкт-Петербург в августе 2020 года. (рис. 1).

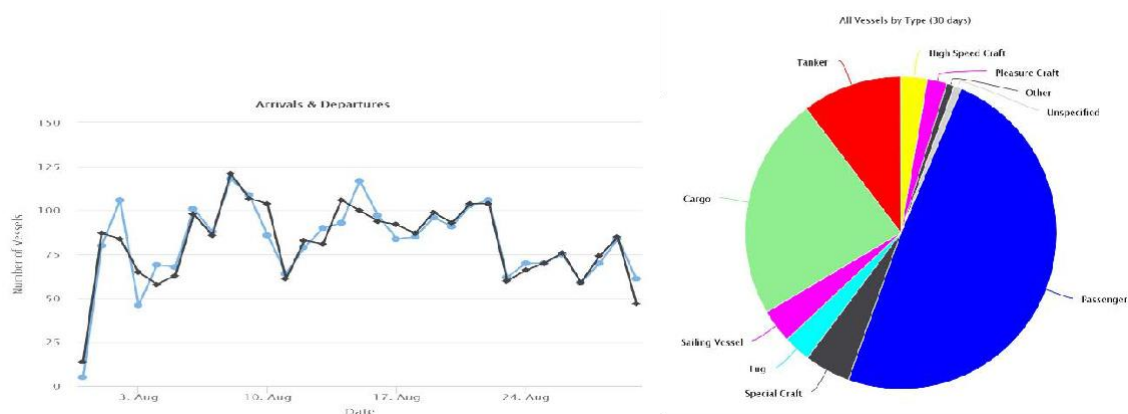


Рис. 1. Интенсивность работы порта Санкт-Петербург, типы морских судов и характеристика грузопотока (на основании данных системы АИС marinetracfic.com, дата обращения 30.08.2020)

Вопросам разработки тренажерных систем уделяется большое влияние, о чем свидетельствует большое количество научных статей и кандидатских диссертаций. Как, к примеру, диссертация Шаталина О.Г. на тему «Методика создания тренажеров крановщиков для эксплуатации кранов в морских и речных портах» [1]. В морских и речных портах, в специальных учебных заведениях ежегодно осуществляется подготовка машинистов кранов по программе: теоретическое обучение, а затем производственное обучение непосредственно на кране. И как следствие, такая система приводит к тому, что длительность производственного обучения длительная, потому, что за рычаги управления будущий крановщик садится впервые. На начальном этапе обучения будущий машинист крана работает с рывками механизмов, то есть с резкими пусками - остановками механизмов, что из-за больших инерционных нагрузок приводит к частым поломкам [2, 3, 4, 5] (на основе материалов диссертационного исследования). Для подготовки кран длительное время выведен из нормальной эксплуатации и используется только для обучения крановщиков. Это конечно вызывает издержки. Необходимо чтобы приобретаемые навыки управления краном обеспечивали наибольшую производительность машины при минимальных нагрузках на металлоконструкцию и механизмы крана. Достигнуть такого состояния быстро при отсутствии тренажёра для крановщиков достаточно трудно. Это сегодня можно достигнуть только на основе использования специализированных тренажерных систем. Исторические аспекты развития тренажерных систем представлены в статье [4].



1. Состав тренажерной системы

Тренажерная система позволяет реализовать погружение оператора в реальные условия задолго до начала профессиональной деятельности. Этот шаг также позволяет ускорить адаптацию обучаемого для своего будущего рабочего места. В зависимости от объема решаемых задач тренажерное-обучающие системы можно разделить на:

1. комплексные;
2. специализированные;
3. процедурные;
4. тренажеры на основе имитационных моделей.

Комплексные тренажеры предназначены для решения задач практического обучения и подготовки операторов, в полном объеме охватывающих их профессиональную деятельность, и должны обеспечивать отработку всех профессиональных навыков.

Специализированные тренажеры рассчитаны на подготовку операторов к выполнению определенных проблемно-ориентированных задач.

Процедурные тренажеры предназначены для выработки устойчивых навыков в конкретных видах деятельности, отработки отдельных важных процедур управления определенным видом оборудования, выполняемых на конкретных этапах эксплуатации и в определенных условиях.

Тренажеры на основе имитационных моделей появились достаточно недавно. Это связано с тем, что успехи в имитационном моделировании и развитии таких систем как AnyLogic, способствовало разработке имитационных моделей, которые позволяют моделировать поведение при различных условиях. Наличие встроенного редактора [6, 7] позволяет создавать реалистичные модели акваторий портов и оборудования.

Функции тренажерной системы:

- освоение информационно-управляющего поля рабочего места;
- отработка действий оператора с начала работы по включению и подготовке оборудования, в том числе проверка систем и оборудования;
- выполнение основного комплекса действий, в том числе приобретение навыков действий с органами управления и чтение показаний средств индикации;
- выполнение специфического комплекса действий, связанного с особенностями функционирования конкретного объекта управления;
- отработка заданного сценария для выполнения поставленной задачи;
- ввод новых нештатных ситуаций на основании анализа ранее произошедших на объекте управления.

В общем случае тренажер для морских крановых операций представляет собой программно-аппаратный комплекс, имеющий структуру, представленную на рисунке 2.



Рис. 2. Структура тренажера для крановых операций



Для моделирования внешнего окружения порта в тренажерном комплексе вводятся такие объекты:

- стационарные объекты (причал, склад, железнодорожные пути, автомобильный подход);
- динамические объекты (судно у причала, груз на складе, морской фронт).

Основным элементом, отвечающим за отработку сценариев, является АОС (автоматизированная обучающая система). Именно она отвечает за следующие действия:

1. редактор уровней и окружающей среды;
2. моделирование погодных условий;
3. комплекс упражнений;
4. блок оценки работы оператора.

В современных условиях, за счет использования аппарата и средств имитационного моделирования (к примеру средств, и инструментов Anylogic) открывается возможность использовать разработанные имитационные транспортные модели как специализированные тренажерные системы [8,11,12]. Виртуальная модель терминала может быть реализована с помощью следующих современных программных систем: AnyLogic, FlexSim, TBA и др. Входной информацией для данной модели будут геометрические параметры транспортного узла, прогнозируемый по расписанию поток объектов, данные от системы видеофиксации, а также плановое число обслуживающей техники. Практический пример реализации транспортной модели приведен на рисунке 3.

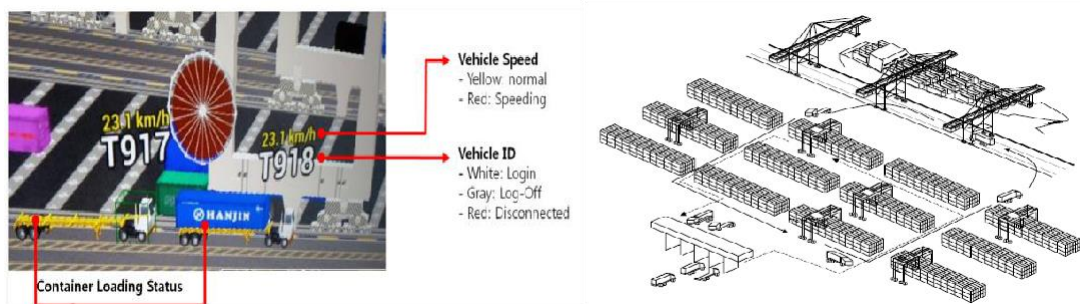


Рис. 3. Оконная форма учета перемещения грузового транспорта на контейнерном терминале и анализа производительности в транспортной модели в среде Flexsim CT

2. Исследование тренажерных систем для крановых операций в морском порту

Тренажер крановых операций производства компании «Транзас» [9]. Этот тренажер был разработан для подготовки операторов в области управления выбранной моделью крана как в штатных, так и в критических ситуациях. Данный тренажер обеспечивает:

1. Высокий реализм и широкий диапазон функций кранового тренажера позволяет обучаемым отработать навыки выполнения основных операций с грузами;
2. управление краном и размещение грузов;
3. безопасное перемещение грузов различных типов;
4. обеспечение сохранности грузов и береговых объектов;
5. отработка оптимальной траектории движения, эффективных приемов и последовательности действий при грузовых операциях;
6. способы минимизации нагрузок на конструкцию, количества управляющих воздействий и обеспечение допустимой динамики перемещения груза.

В аспекте функциональности данный тренажер обеспечивает:

1. Точное математическое моделирование систем и процессов, созданное на основе физических свойств реального оборудования.
2. Воспроизводятся и отображаются различные ситуации: столкновение, сотрясение, удар, блокировка, трение и другие



3. Имитация погодных и других внешних условий, влияющих на работу крана
 4. Новейшая система визуализации со встроенной системой коррекции изображения, разработанная специально для морских тренажеров
 5. Моделирование аварийных ситуаций
 6. Операции по загрузке нескольких судов одновременно
- Оконная форма тренажерной системы приведена на рисунке 4.



Рис. 4. Тренажер крановых операций производства Группы «Транзас»

Учебный крановый симулятор Sim Crane 2020 [10,11]. Учебный симулятор крана предназначен для работы как в составе учебного тренажера, так и для работы на обычном компьютере, если он соответствует системным требованиям и позволяет тренировать навыки выполнения крановых операций. Программа является современным симулятором крановой техники. В основу положена методика "от простого к сложному": набор учебных заданий, постепенно знакомящих с особенностями управления краном. Качественная 3D-графика, множество детально смоделированных рабочих площадок, точные модели различных типов кранов и интеллектуальная система контроля ошибок позволяют реалистично отрабатывать типовые рабочие процедуры.

Симулятор крана моделирует работу 3-х типов кранов: башенный, мостовой, козловой. Для каждого из них позволяет пройти процедуру обучения от самых простых операций, например тренировка управления ходом, стрелой, тележкой, таким образом, чтобы работа джойстиком управления стала естественной, на уровне рефлексов, до сложных, связанных с перемещением различных грузов, типичных именно для данной модели крана.

Задачи симулятора и выполняемые действия:

1. Подготовка к работе, управлению
Проверка готовности крана к работе, включение, управление по всем осям, знакомство с прибором безопасности. Изучение управления краном на симуляторе подъемного крана.
2. Сигналы стропальщика
Работа ходом крана, грузовой тележкой, стрелой и поворотом (для башенного крана) по сигналам стропальщика. Программа отслеживает правильность восприятия сигналов и скорость реакции. Движение крана по сигналам виртуального стропальщика.
3. Перемещение груза по простым и сложным траекториям
Задание на скорость и точность: за минимальное время провести груз по траектории, обозначенной вешками и различными объектами, не задевая их. При правильном



выполнении, траектория усложняется. Управление подъемом груза заблокировано. Упражнение на скоростное перемещение груза по траектории в учебном симуляторе крана.

4. Установка груза на обозначенное место

Задание на скорость и точность: за минимальное время установить груз на площадку, ограниченную вешками. При правильном выполнении габариты груза и допуски площадки усложняются. Все управление разблокировано. Упражнение на точную вертикальную установку груза.

5. Перегрузка между площадками

Перенос грузов между площадками без помощи стропальщика. Упражнение на пространственную ориентацию. Кран переносит плиты на строительной площадке

6. Разгрузка и погрузка ЖД вагонов

Разгрузка и погрузка грузов разного характера на открытые железнодорожной платформы и в полувагоны. Грузы: ящики, трубы, металлопрокат, автомобили, 24-т контейнеры. Работа по сигналам стропальщика. Крановый симулятор: разгрузка-погрузка вагонов.

7. Работа на строительном объекте

Перенос различных грузов на этаж строящегося здания. Установка стеновых панелей. Работа с координатной защитой в непосредственной близости от объекта. Работа по сигналам стропальщика.

3. Среда Unity для разработки тренажерных систем

Среда разработки Unity [11], выбранная для иллюстрации решения подобных задач, содержит мощный инструмент для создания, редактирования и воспроизведения динамических моделей – анимации. Использование анимаций позволяет с помощью визуального редактора построить автомат динамической модели объекта: определить основные статические состояния, переходы и условия переходов между ними.

Для создания симулятора - тренажера, а именно его визуальной и программной составляющей следует выбирать среду Unity.

Причины выбора следующие:

1. Первый и очень важный критерий – простота. Для создания в среде Unity не требуется большая команда разработчиков, достаточно всего пары человек и точных данных крана, описания инфраструктуры и нормативных документов;
2. Созданные наборы скриптов, которые позволяют без лишних ошибок создавать код, формировать управляющие воздействия на объекты;
3. Большая динамика Unity3D среды. Динамика среды позволит создавать более реалистичные условия для симуляций и моделирования различных режимов работы.

На основании исследования процессов обработки судов в морском порту и использования среды Unity была разработана новая специализированная модель крановых операций (рис. 5).

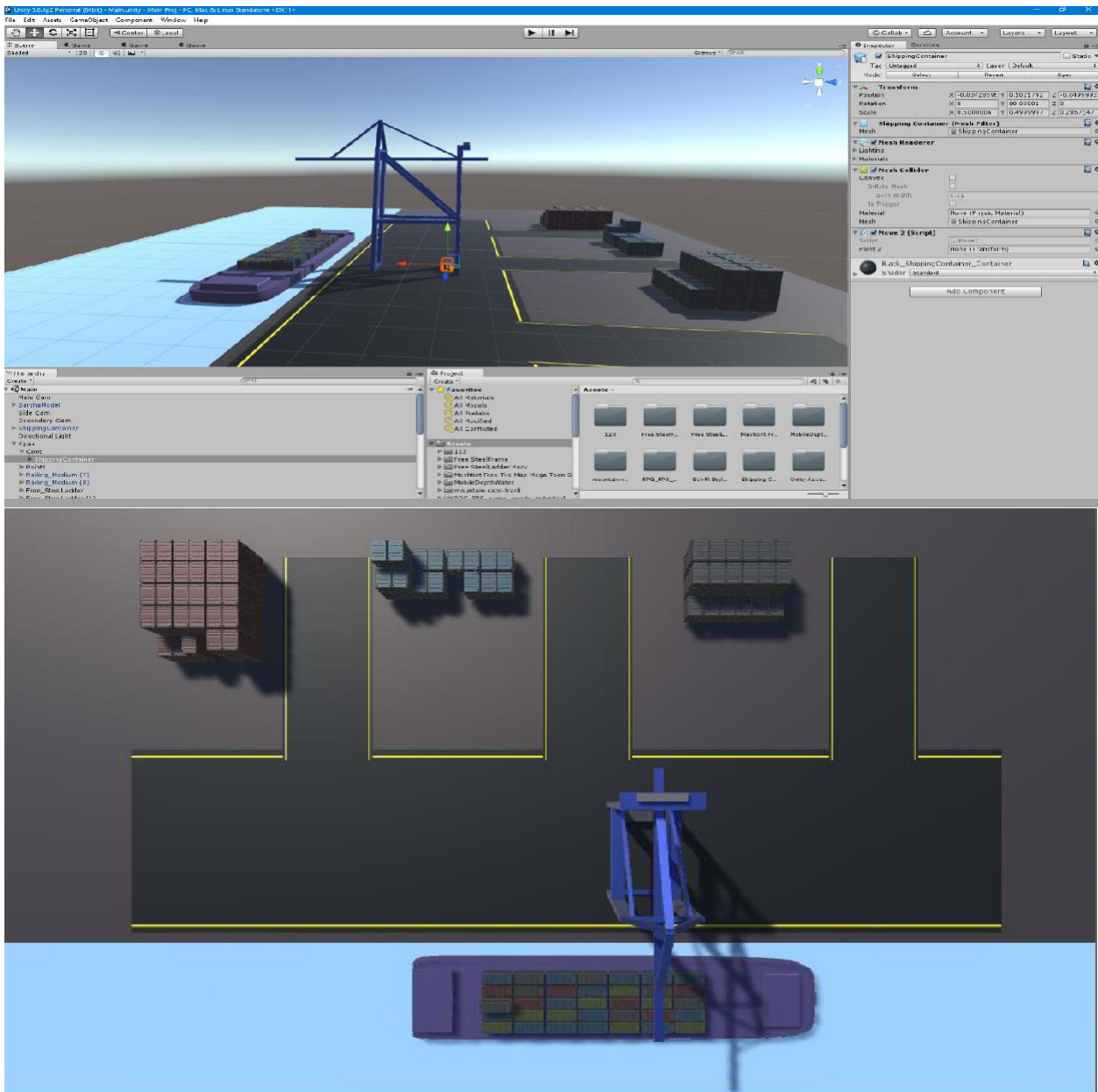


Рис. 5. Оконные формы разработанного симулятора крановых операций в морском порту, реализованная в программном инструментарии Unity (разработка на базе направлений кафедры системного анализа и логистики ГУАП)

В заключение стоит отметить, что подготовка персонала при помощи симуляторов в скором будущем полностью заменит инструктажи на производствах, что даст серьезный скачок в профессионализме крановых операторов и сократит возможные ошибки в их работе, ускорит их подготовку и улучшит качество работы.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шаталин О.Г.* Методика создания тренажеров крановщиков для эксплуатации кранов в морских и речных портах: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2004.
2. *Брауде В. И.* Надёжность подъёмно-транспортных машин. — Л.: Машиностроение, 1986. - 183 с.
3. *Гаранин Н. П.* Эксплуатация плавучих кранов в речных портах. - М.: Транспорт, 1978 - 120 с.
4. *Кириченко А.В.* Грузоподъемные машины и механизмы. Технология перегрузочных работ: учебное пособие / А. В. Кириченко, О. А. Ражев, В. А. Фетисов. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2011. - 209 с.
5. *Фетисов, В. А.* Инфраструктурное обеспечение транспортной логистики : монография / В. А. Фетисов, Р. А. Орлов ; ред. В. А. Фетисов ;. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2018. - 358 с.
6. *Тер-Мхитаров М.С.* История развития электронных тренажеров операторов грузоподъемных машин // Тренажёры и тренажёрные комплексы: тезисы докладов областного научно-технического семинара. – Пермь, 1990. – С. 5–8.
7. *Файзрахманов Р.А., Федоров А.Б.* Разработка аппаратной части тренажера оператора портального крана // Вестник Пермского государственного технического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2010. – № 4. – С. 119–123
8. *Майоров, Н.Н.* Исследование состояний контейнерного терминала на основе транспортной модели и имитационного моделирования / Н.Н. Майоров, В.А. Фетисов, А.В. Кириченко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 3 (37). – С. 7–15. (0,8/0,1/0,05).
9. Транзас. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.transas.ru/products/TCS#description> (дата обращения: 20.08.2020)
10. Sim Crane 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.tngsim.ru/shop/66/desc/smart-simuljator-avtokran> (дата обращения: 20.08.2020).
11. Unity-Game Engine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.unity3d.com/> (дата обращения: 20.08.2020).
12. *Maierov, N.N.* Forecasting of the route network of ferry and cruise lines based on simulation and intelligent transport systems/ N.N. Maierov, V.A. Fetisov, S. Krile, D. Miskovic // Transport Problems. – 2019. – Т.14 . №. 2. – с. 111-121. DOI: 10.20858/tp.2019.14.2.10.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Степанов Даниил Дмитриевич –
студент

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» 190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А
E-mail: danila7073772@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Stepanov Daniil Dmitrievich –
student

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000,
Russia E-mail: danila7073772@gmail.com