

DOI: 10.24143/1812-9498-2019-1-44-47
УДК 621.311.24–112:656.073.7.001.57

ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ УЗЛОВ ВЕТРОДВИГАТЕЛЕЙ

М. С. Турпищева, А. Е. Кичко

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

В контексте решения проблемы транспортировки тяжелых и длинномерных лопастей ветродвигателей анализируются методы моделирования транспортных систем при перевозке грузов и их обработке на грузовых терминалах. Процесс транспортировки представлен в виде совокупности отдельных взаимосвязанных событий. Системные методы расчета с элементами дискретной математики позволяют описать состояния транспортной системы в динамике и найти рациональные управленческие решения.

Ключевые слова: ветродвигатели, логистические процессы, груз, локальные состояния, транспортировка.

Для цитирования: Турпищева М. С., Кичко А. Е. Вопросы разработки моделей логистических процессов транспортировки узлов ветродвигателей. 2019. № 1(67). С. 44–47. DOI: 10.24143/1812-9498-2019-1-44-47.

Введение

Ветроэнергетика является самостоятельной отраслью производства различных видов энергии: электрической, механической, тепловой и т. д. Во всех случаях первичным источником служит кинетическая энергия ветра.

Впервые за 40 лет эксплуатации солнечных и ветровых электростанций их глобальная мощность достигла 1 тераватта (1 000 ГВт). При этом 90 % мощности появились только в последние 10 лет, а отметка 2 тераватта должна быть достигнута уже к 2023 году [1].

Учитывая богатые ветровые ресурсы России, ветроэнергетика во многих регионах может эффективно сочетаться с солнечной энергетикой, с малыми ГЭС, биоэнергетическими или геотермальными установками на основе совместного использования возобновляемых и традиционных источников энергии. Спрос на энергоснабжение в отдаленных районах страны может быть полностью удовлетворен комбинацией электроснабжающих технологий.

Моделирование сложных логистических систем

На существующих сегодня ветроэнергодвигателях (ВЭД) в качестве рабочего движения используется в основном круговое вращательное движение лопастной системы, выполненной в виде жестких лопастей с крыловым профилем в поперечном сечении.

Узлы ветроэнергетических установок имеют большие размеры и значительные массы. Транспортировка лопастей, достигающих в длину 70 м, с центром тяжести, смещенным к одному из концов лопасти, представляет значительные сложности. Для доставки лопастей к месту установки осуществляются мультимодальные перевозки несколькими видами транспорта с перевалками на транспортных терминалах. Повышение надежности и безопасности этих процессов и уменьшение рисков аварий и экономических потерь являются важными задачами при проектировании логистических операций доставки узлов ВЭД.

Особенность моделирования сложных логистических систем заключается в построении последовательности транспортных операций, совокупность которых удовлетворяет критерию безопасности и допустимому риску возникновения отказа системы как в целом, так и в отдельных ее элементах.

Особый интерес представляют расчетно-экспериментальные вероятностные методы анализа, основным инструментом которых является вероятностное моделирование различных состояний динамической транспортной системы с оценкой функций безопасности и риска отказа по соответствующим заданным критериям.

Процесс функционирования логистической транспортной системы можно представить как совокупность некоторого множества отдельных элементарных процессов или статических состояний, длительность каждого из которых определена некоторым заданным законом. Моменты окончания *локальных процессов* и *статических состояний* являются начальными

моментами наступления тех основных событий, которые изменяют состояние транспортной системы для перехода к следующим событиям. К локальным процессам относятся процессы транспортировки, перегрузки лопасти с судна на терминал, перемещение на автоплатформу, доставка к месту установки и пр., т. е. процессы, отображающие непрерывную во времени последовательность состояний системы. Статические состояния: процессы ожидания груза на терминале, подготовка техники для перегрузки и транспортировки и т. п.

Функционирование логистической системы можно рассматривать как поток последовательных событий, разделенных временными рамками. Одновременно с основными событиями в системе могут происходить и второстепенные события – как следствия основных событий.

Обслуживание груза автотранспортом (например, перевозка лопасти ветродвигателя) является локальным процессом, поскольку длительность транспортировки определяется соответствующим законом, заданным при описании системы. Данный локальный процесс связан с совокупностью подсистем (судно, причал, автоплатформа, транспортная сеть и т. д.). Процесс в подсистеме начинается не раньше, чем закончится предыдущий, если только подсистема одновременно обслуживает не более одной заявки. В то же время элементарные события ожидания подсистемой поступления груза, ожидания грузом начала обслуживания и т. п. являются второстепенными, поскольку их длительность не определяется какими-либо конкретными законами, а зависит от законов поступления и обслуживания грузов и носит переходный характер.

Модель логистического процесса транспортировки узлов ветродвигателя можно представить как систему со входом и выходом, имеющую характерные параметры, описывающие ее состояние, где $X(t)$ – переменные, определяющие состояния поступающих в систему и покидающих ее грузов (узлов ветродвигателя); Z_1, Z_2, \dots, Z_l – характеристики состояния системы (качественные показатели системы); $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$ – параметры системы (базовые характеристики системы); A, B, C, D – подсистемы (рис. 1).

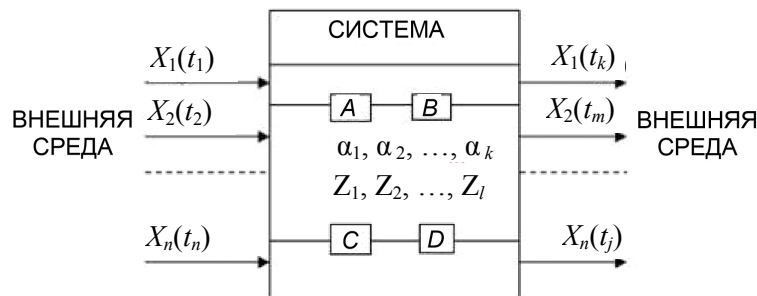


Рис. 1. Общая схема построения модели процесса транспортировки

Для более четкого определения объектов, участвующих в функционировании системы, составляется граф [2, 3], формализующий ее работу (рис. 2).

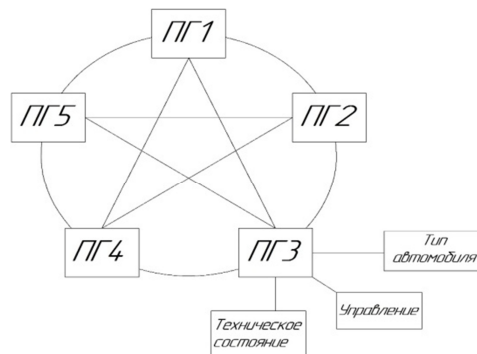


Рис. 2. Формализация процесса транспортировки в виде графа:

ПГ1–ПГ5 – подграфы системы: ПГ1 – «Судно», ПГ2 – «Портовый терминал», ПГ3 – «Автотранспорт», ПГ4 – «Условия перевозки», ПГ5 – «Транспортная сеть»

Каждый подграф системы, в свою очередь, имеет свои характеристики. Параметры подграфа «Транспортная сеть»: маршрут, остановочные пункты. Характеристики подграфа «Условия перевозки»: время, безопасность, риски; подграфа «Автотранспорт» – тип транспорта, транспортные характеристики, условия управления и пр.

Вершины графа определяют состояние объектов и взаимосвязаны, подграфы каждого из графов описываются характеристиками, также представляющими собой определенные события в системе. Ребра графа выполняют функцию описания связей между объектами. При сформированном входном векторе грузового потока происходит построение орграфа транспортной сети, с последующей ее оптимизацией и расчетом вектора опасностей [4]. Для обеспечения работоспособности системы необходимо удерживать ее во множестве устойчивых состояний на заданном сроке эксплуатации системы.

Принадлежность к этому множеству определяется вероятностными характеристиками: функцией безопасности $S_{\Sigma}(t)$ и функцией риска $R_{\Sigma}(t)$.

Функцию безопасности можно представить как вероятность устойчивости системы при возмущениях ее элементов:

$$S_{\Sigma}(t) = P\{t: \text{var} [G_{ij}] \in Q_S\},$$

где $\text{var}[G_{ij}]$ – вариации состояний элементов системы; Q_S – множество устойчивых состояний системы; $P\{\}$ – вероятность события.

Функцию риска R_{Σ} можно представить как вероятность появления отказа в работе элементов системы при нарушении их устойчивости в системе:

$$R_{\Sigma}(t) = P\{t: H | \text{var} [G_{ij}] \in Q_S\},$$

где H – вектор опасностей.

Функциональная модель транспортного узла описывает статические и динамические состояния системы продвижения грузопотока. Под статическим состоянием системы подразумевается состояние объекта (терминал, порт, автодорога и т. д.), колебания основных параметров которого во временном интервале не оказывают достаточного влияния на систему в целом. Динамические состояния элементов модели (локальные процессы) характеризуются рядом параметров, изменяющихся во времени, при этом отдельные их свойства могут оставаться неизменными (автомобиль, судно, груз, кран и т. д.). Необходимо отметить, что различные подсистемы могут находиться как в статическом, промежуточном, так и в динамическом состоянии. Переход из одного состояния в другое осуществляется с использованием переходной функции. Подобная модель позволяет описывать вероятностные состояния транспортной системы, основываясь на статистических данных, используя расчетно-экспериментальные вероятностные методы анализа (см. рис. 2). Все подграфы и граф целиком испытывают влияние внешней среды и связаны с ней определенными отношениями.

Описание связей между подсистемами и их взаимодействия при осуществлении перегрузки и транспортировки узлов ветроэнергодвигателей позволит формализовать эти процессы и определить наилучшие, с точки зрения качества перевозочных услуг, параметры системы.

Заключение

Создание ветроэнергопарков требует значительных инвестиций, и большая доля затрат приходится на транспортировку узлов ветродвигателей. Актуальной представляется задача разработки расчетных методов повышения надежности и безопасности транспортных процессов их доставки к месту монтажа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алехина Е. В.* Перспективы ветроэнергетики // Изв. Тул. гос. ун-та. Техн. науки. 2013. № 12-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-vetroenergetiki> (дата обращения: 17.01.2019).
2. *Алескеров Ф. Т., Хабина Э. Л., Шварц Д. А.* Бинарные отношения, графы и коллективные решения. М.: ГУ-ВШЭ, 2006. 300 с.
3. *Турпищева М. С., Синельников Е. В.* Системные методы исследования процессов транспортировки грузов в смешанных перевозках // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. 2005. № 2 (25). С. 95–97.
4. *Турпищева М. С.* Моделирование транспортных систем при грузоперевозках // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. 2012. № 2 (54). С. 9–12.

Статья поступила в редакцию 13.03.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Турпищева Марина Семеновна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук, доцент; профессор кафедры техники и технологии наземного транспорта; mturpi@mail.ru.

Кичко Александра Евгеньевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; магистрант кафедры техники и технологии наземного транспорта; alex21.09.96@yandex.ru.



DEVELOPING MODELS OF LOGISTIC PROCESSES
OF WIND TURBINE PARTS TRANSPORTATION

M. S. Turpishcheva, A. E. Kichko

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

Abstract. In the context of solving the problem of transportation of heavy and long blades of wind turbines, the methods of modeling transport systems for the transport of goods and their processing at cargo terminals are analyzed. The transportation process is presented as a set of individual interrelated events. System methods of calculation with elements of discrete mathematics can describe the state of the transport system in dynamics and find rational management decisions.

Key words: wind turbines, logistic system, cargo, local process, transportation.

For citation: Turpishcheva M. S., Kichko A. E. Developing models of logistic processes of wind turbine parts transportation. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2019;1(67):44-47. (In Russ.) DOI: 10.24143/1812-9498-2019-1-44-47.

REFERENCES

1. Alekhina E. V. Perspektivy vetroenergetiki [Prospects of wind power]. *Izvestiia Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 2013, no. 12-2. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-vetroenergetiki> (accessed: 17.01.2019).
2. Aleskerov F. T., Khabina E. L., Shvarts D. A. *Binarnye otnosheniia, grafy i kollektivnye resheniia* [Binary relationships, graphs and collective solutions]. Moscow, GU-VShE, 2006. 300 p.
3. Turpishcheva M. S., Sinel'shchikov E. V. Sistemnye metody issledovaniia protsessov transportirovki gruzov v smeshannykh perevozkakh [Systems methods of studying cargo transportation in multimodal transport]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2005, no. 2 (25), pp. 95-97.
4. Turpishcheva M. S. Modelirovanie transportnykh sistem pri gruzoperevozkakh [Simulation of transport systems for freight operations]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2012, no. 2 (54), pp. 9-12.

The article submitted to the editors 13.03.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Turpishcheva Marina Semenovna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Professor of the Department of Machinery and Land Transport Technology; mturpi@mail.ru.

Kichko Alexandra Evgenyevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Master's Course Student of the Department of Machinery and Land Transport Technology; alex21.09.96@yandex.ru.

