

УДК 629.12

СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ УПРАВЛЯЮЩИЙ КОМПЛЕКС, ЕГО НАЗНАЧЕНИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Пачурин Г.В., Васильев С.А., Ребрушкин М.Н.

*ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Ниžний Новгород, e-mail: PachurinGV@mail.ru*

Известно, что движение даже одного судна может существенно влиять на окружающую среду. Это связано с наличием выбросов в атмосферу выхлопных газов от работы главных двигателей, дизель-генераторов, котельных установок, а также изменением энергетики акватории, что не может не отражаться на динамике русловых потоков. Существенным также является влияние тепловых сбросов, гидрошумов от работы движительно-рулевого комплекса и т.п. Поэтому оптимизация режимов движения судов и параметров их энергетических установок связана не только с решением проблемы повышения эффективности работы транспортного флота, экономии топлива, увеличения моторесурса силовых установок, но и с обеспечением экологичности работы флота, снижением воздействия его на окружающую среду. В настоящее время заканчивается разработка нового, модернизированного комплекса СЭУК-М, построенного на современной элементной базе и обладающего широкими возможностями при общем снижении стоимости и увеличении надежности его конструкции. Проведенные исследования и предварительные расчеты дают возможность убедительно надеяться на более высокую экологичность при одновременном повышении экономической эффективности работы флота внутреннего и смешанного плавания при широком внедрении СЭУК-М в практическую деятельность.

Ключевые слова: главные двигатели, режимы работы главных двигателей, суда внутреннего плавания, судовые управляющие комплексы, окружающая среда

SHIPBOARD ELECTRONIC CONTROL SYSTEM, ITS PURPOSE, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC PERFORMANCE

Pachurin G.V., Vasilev S.A., Rebrushkin M.N.

*FGBOU VPO «Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev», Nizhny Novgorod,
e-mail: PachurinGV@mail.ru*

It is known that the movement of a single vessel can significantly affect the environment. This is due to the presence of atmospheric emissions of exhaust gases from the operation of the main engines, diesel generators, boiler installations, as well as changes in water area of energy that can not affect the dynamics of channel flow. Is also a significant effect of thermal discharges from work gidroshumov the propulsion, etc. Therefore, optimization of traffic and the parameters of their power plants are connected not only with the problem of improving the efficiency of the transport fleet, fuel economy, increasing the service life of power plants, but also with ensuring sustainability of fleet, reducing its impact on the environment. Currently finalizing a new, modernized complex SUEK-M, built on modern element base and empowered with an overall reduction in the cost and increase the reliability of its design. Studies and preliminary calculations make it possible to hope for convincing a higher ecological while improving the economic efficiency of the fleet of inland and swimming with a broad introduction SUEK-M in practice.

Keywords: the main engines, modes of main engines, inland vessels, ship control systems, environment

В настоящее время наблюдается тенденция к развитию внутренних водных путей для разрешения транспортных проблем, занимающих одно из ведущих мест в развитии экономики страны. Достаточно упомянуть государственную программу возрождения Российского флота, а также планы развития мультимодальных перевозок иностранными судоходными компаниями по внутренним водным путям Европейской территории РФ (коридор «Север-Юг»).

Естественно, что при реализации этих планов значительно возрастет количество и тоннажность судов, перемещающихся по внутренним водным путям. Это, в свою очередь, может заметно сказаться на экологической ситуации регионов, по которым проходят эти внутренние пути.

Известно, что движение даже одного судна может существенно влиять на окружающую среду. Это связано с наличием выбросов в атмосферу выхлопных газов от работы главных двигателей, дизель-генераторов, котельных установок, а также изменением энергетики акватории, что не может не отражаться на динамике русловых потоков. Существенным также является влияние тепловых сбросов, гидрошумов от работы движительно-рулевого комплекса и т.п. Естественно, что при увеличении количества и тоннажности судов такие воздействия не могут не вызывать нежелательных антропогенных изменений окружающей среды.

Понятно, что интенсивность таких воздействий, прежде всего, связана с режимами движения судов, параметрами работы

их энергетических установок, с работой судового комплекса «корпус судна – судовые двигатели – главные двигатели». Поэтому оптимизация режимов движения судов и параметров их энергетических установок связана не только с решением проблемы повышения эффективности работы транспортного флота, экономии топлива, увеличения моторесурса силовых установок, но и с обеспечением экологичности работы флота, снижением воздействия его на окружающую среду.

Движение судна по внутренним водным путям происходит в разнообразных и постоянно изменяющихся путевых и гидрометеорологических условиях. Для каждого из сочетаний этих условий характерны свои целесообразные режимы движения судна и, следовательно, параметры работы его энергетической установки.

Известно, что движение судна по речному фарватеру с номинальными скоростями вращения главных двигателей (двигателей) вовсе не является экономически наиболее выгодным.

Действительно, при сокращении общего ходового времени в рейсе, повышении производительности работы судна, улучшении использования фонда заработной платы заметно ухудшаются другие эксплуатационные составляющие, такие как расход топлива главным двигателем за рейс, износ механизмов и, в первую очередь, элементов силовой установки, снижается безопасность плавания. Наоборот, если судно движется со слишком малыми скоростями, то ухудшение экономических и эксплуатационных показателей будет наблюдаться за счет увеличения доли заработной платы, ходового времени, снижения объема перевозок. Картина еще более ухудшается, если при работе судна появляются незапланированные простои при ожидании разгрузки, шлюзования и т.п. [6].

С давнего времени предпринимались попытки определения такой оптимальной скорости движения судна в рейсе, при которой эксплуатационные характеристики работы главных двигателей оказались бы экономически наиболее выгодными. При этом к понятию «оптимальная скорость» добавлялось ограничение в виде некоторой «безопасной» скорости, при которой прохождение мелководных участков происходило бы без сильного увеличения волнообразования, заметной просадки кормовой оконечности судна, недопустимой перегрузки главных двигателей, без опасного увеличения вибрации. Эта сложная задача нашла свое разрешение в работах многих специалистов, однако такие решения оказались лишь при-

близительными, не учитывающими полную картину эксплуатации судна.

Это обусловлено тем, что в каждый момент рейса судно движется в постоянно изменяющихся путевых и гидрометеорологических условиях. К ним, в первую очередь, можно отнести переменную глубину фарватера, извилистость судового хода, ветроволновые условия, ожидание шлюзования и т.д. Эти величины не поддаются точному прогнозированию, могут приниматься лишь как средние за рейс, однако, очень сильно влияют на режимы работы главных двигателей, рулевого комплекса судна, на технико-экономические показатели его работы.

Предпринимались и предпринимаются попытки разделить вероятные основные рейсы судов на отдельные участки, для которых определяют оптимальные скорости и режимы работы силовой установки. Но и эти попытки далеки от совершенства, особенно если принимать во внимание изменение уровня воды в реке на протяжении навигации. Кроме того, такой подход возлагает дополнительную нагрузку на судоводителей и они, естественно, не принимают его в практику судовождения. Поэтому, оптимистические результаты испытаний судов при таком подходе искусственны, наблюдаются только при проведении самих испытаний. Кроме того, оптимальные скорости зависят и от технического состояния судна, количества перевозимого груза (посадки судна), характера груза (провозной платы), других условий рейса, например, возможных премий за срочную доставку или, наоборот, штрафов за опоздание и других. Поэтому потребовалось бы огромная работа по составлению объемистых томов по величинам оптимальных скоростей для разнообразных условий, пользоваться которыми было бы крайне затруднительно. А если принять во внимание и разное техническое состояние силовых установок конкретных теплоходов, то такой подход к решению задачи оказывается просто неосуществимым.

Естественно, что управление режимами главных двигателей в целях наиболее выгоднейшей работы судна необходимо поручить автоматизированному комплексу, который в любой момент времени мог бы достоверно обеспечивать наиболее рациональные режимы движения судна с учетом не только внешних условий, но и его конкретных технических параметров. Таким образом, одной из узловых задач автоматизации и компьютеризации судоходства является задача обеспечения оптимальных, экономически и технически выгодных режимов работы движительно-рулевых комплексов судов, особенно главных двигателей в постоянно

меняющихся сложных путевых, гидрометеорологических и экономических условиях их эксплуатации. Эта задача не может быть возложена на судоводителей, т.к. постоянная оценка многочисленных изменяющихся факторов, выработка в каждом конкретном случае единственно правильного решения находится за пределами человеческих возможностей. Попытки, хотя бы и не в полной мере, обязать судоводителей отрабатывать оптимальные режимы приведут к усложнению и без того напряженной их работы, увеличат число ошибок, снизят показатели безопасности плавания.

Вместе с тем эта задача вполне разрешима на основе современных методов судовождения, базирующихся на достоверной теории работы судового комплекса «корпус судна – средства управления – судовые главные двигатели». На этой основе проводилась совместная работа сотрудников Нижегородского государственного технического университета и АО «Волга-флот» по созданию и внедрению судовых электронных управляющих комплексов (СЭУК) по управлению главными двигателями судов внутреннего плавания типа «Волго-Дон».

Судовой электронный управляющий комплекс (СЭУК) представляет собой систему взаимосвязанных вычислительного комплекса (ПЭВМ) и электронного регулятора оптимальных режимов работы главных двигателей. Конструкция СЭУК обеспечивает расчет на ЭВМ и автоматическое поддержание при изменяющихся внешних условиях таких режимов работы главных двигателей, при которых затраты за каждый конкретный рейс являются минимальными, а прибыль за рейс – максимальной. Кроме того, СЭУК обеспечивает минимум расхода топлива в обоснованных случаях, например, при наличии резерва ходового времени. Одновременно наличие вычислительного комплекса позволяет упростить и облегчить работу экипажа судна за счет применения пакета сервисных программ [5, 9].

Электронный регулятор оптимальных режимов работы главных двигателей или электронный регулятор движения (ЭРД) представляет собой электронно-механическое устройство, работающее по заложенной в него программе, параметры которой определяются и настраиваются по результатам расчета рейса на ЭВМ установкой в соответствующее положение настроечных элементов.

Первоначально ЭРД был создан для осуществления оптимального регулирования в автономном режиме без ПЭВМ, т.е. для обеспечения безопасных режимов работы

главных двигателей судна при переменном мелководье (1990–92 гг.). К навигации 1993 года ЭРД был подготовлен для работы совместно с ПЭВМ и в настоящее время предназначен для обеспечения наивыгоднейших режимов работы главных двигателей в течение всего рейса.

Примечательно, что конструкция ЭРД не требует каких-либо изменений в судовой системе управления главными двигателями. В любой момент времени, по необходимости, ЭРД может быть просто отключен из работы и дальнейшее управление судном будет производиться вручную обычными приемами. Также просто и включение ЭРД в работу при переходе на автоматическое управление [3, 4].

Как показали проведенные расчеты, наблюдения за эксплуатацией грузовых теплоходов, оборудованных СЭУК, а также натурные испытания 1994 года на т/х «Волго-Дон 137» и 1995 года на т/х «Волго-Дон 5020» внедрение СЭУК обеспечивает движение судна на оптимальных режимах с минимальными эксплуатационными расходами за рейс [1]. Так, по сравнению с принятым АО «Волга-флот» эксплуатационным режимом, режим, рассчитанный и поддерживаемый СЭУК, обеспечивает снижение расхода топлива за рейс на 20,7%, при увеличении ходового времени на 13%, что дает снижение эксплуатационных расходов на 9,8%. Рациональное снижение ходовых скоростей приводит к заметному уменьшению экологических нагрузок на водоемы, особенно в условиях ограниченных фарватеров [2].

Вычислительно-управляющий комплекс СЭУК имеет и другие дополнительные возможности, такие как расчеты оптимальной погрузки и разгрузки судна, обеспечения заданного времени подхода к шлюзам и портам, расходования топлива, ведения колпита, бухгалтерский учет и многое другое, что существенно облегчает труд судоводителей и вносит дополнительный вклад в повышение рентабельности работы флота. При дальнейшем внедрении СЭУК на судах внутреннего плавания могут быть достигнуты более лучшие показатели по экономии топлива, снижению эксплуатационных расходов и повышению прибыли, а также налажен автоматизированный учет и контроль расхода топлива главными двигателями и других показателей работы судна и флота в целом. Разумеется, при этом значительно снизятся и напряженность работы силовой установки, и экологическая нагрузка на водные пути.

Необходимо заметить, что судоводители дают хорошие отзывы о работе СЭУК и от-

носятся с большим интересом к его работе. Однако они еще не в полной мере освоились с проведением вычислений на ЭВМ. Кроме того, не налажены действительная заинтересованность судоводителей в экономии топлива и контроль за использованием СЭУК. Поэтому положительные результаты по экономии топлива по итогам навигации, хотя и имеются, но значительно ниже расчетных.

Опыт экспериментальной эксплуатации малой серии СЭУК на теплоходах типа «Волго-Дон» на протяжении нескольких лет, несмотря на общее положительное заключение, выявил не только достоинства СЭУК, но и некоторые принципиальные недостатки.

Во-первых, настройка электронного регулятора движения (ЭРД) по расчетным данным производится судоводителями вручную. При этом возможно появление неточностей, связанных с различной квалификацией и личными качествами настраивающих. Случаются волевые отклонения от оптимальных режимов, или же настройка ЭРД вообще без предварительного расчета. Поэтому, представляется необходимой автоматическая настройка ЭРД непосредственно от ПЭВМ [6].

Во-вторых, программа, заложенная в блок регулирования, разработана только для теплоходов типа «Волго-Дон», оборудованных ДРК с поворотными насадками. Для других типов ДРК, а также для силовых установок судов других типов необходима переделка этой программы, т.к. она построена по жесткому принципу. Поэтому, внесение изменений, связанных с коренным изменением параметров системы «корпус судна – движитель – главный двигатель» в действующей конструкции СЭУК хотя и возможно, но затруднительно. Поэтому СЭУК для судов и движительно-рулевых комплексов разных типов не взаимозаменяемы и при переносе требуют существенной корректировки [7, 8].

В-третьих, конструкция СЭУК не предусматривает контроль его использования. Это приводит к тому, что судоводители, не заинтересованные напрямую в экономии и учете расходования топлива, действуя по разнообразным субъективным соображениям, отключают СЭУК из работы или же эксплуатируют его на режимах, далеких от оптимального. Поэтому необходимо введение не только счетчика моточасов работы СЭУК, но и независимой фиксации времени включения и отключения СЭУК с указанием причин, а также автоматизированное ведение журнала рабочих параметров СЭУК на ПЭВМ [4, 10].

В-четвертых, в структурной схеме СЭУК содержится информация о мгновенном и суммарном расходе топлива главными двигателями. Однако, эта информация участвует в работе СЭУК в неявном виде. Вместе с тем точный учет и контроль за расходованием топлива – важная эксплуатационная задача, решение которой поможет резко снизить эксплуатационные расходы и увеличению прибыли. В действующей конструкции СЭУК извлечение такой информации и представление ее в доступном виде весьма затруднительно. Поэтому СЭУК может быть только дополнен устройством – расходомером топлива главными двигателями [5, 11].

Стремление устранить эти, а также некоторые другие, не принципиальные, недостатки, удешевить конструкцию без ухудшения ее параметров и надежности, расширить функциональные возможности и универсальность применения управляющих комплексов для судов разных типов поставило задачу их дальнейшего развития. На основе полученного опыта и развития прикладной теории «корпус судна – средства управления-главные двигатели» в настоящее время заканчивается разработка нового, модернизированного комплекса СЭУК-М построенного на современной элементной базе, не только свободного выше отмеченных недостатков, но и обладающего значительно более широкими возможностями при общем снижении стоимости и увеличении надежности его конструкции.

В СЭУК-М сохранены основные принципы построения системы. Вместе с тем новые, прогрессивные технические решения, примененные при его разработке, а также проведенные исследования и предварительные расчеты дают возможность убедительно надеяться на более высокую экологичность при одновременном повышении экономической эффективности работы флота внутреннего и смешанного плавания при широком внедрении СЭУК-М в практическую деятельность.

Список литературы

1. Васильев А.В., Беззубов Г.И., Ваганов А.Б. и др. Фундаментальные исследования эффективности судового электронного управляющего комплекса. В 3 т. Т. 1. – Н. Новгород: НГТУ, 1994. – 94 с.
2. Васильев А.В., Беззубов Г.И., Ваганов А.Б. и др. Фундаментальные исследования эффективности судового электронного управляющего комплекса. В 3 т. Т. 3. – Н. Новгород: Тр. НГТУ, 1995. – 107 с.
3. Васильев С.А., Пачурин Г.В., Васильев М.С. Устройства повышения эффективности и экологичности работы флота // Безопасность и экология технологических процессов и производств: тезисы докл. Всерос. конф. (Ростовская область, п. Персиановский, 23–25 мая 2007 г.). – С. 21–28.

4. Васильев С.А., Зеленов С.Н., Ребрушкин М.Н. Повышение экологичности работы судовых энергетических установок // 17-я Нижегородская сессия молодых ученых. Нижний Новгород. – 2012. – С. 232–235.

5. Васильев С.А., Пачурин Г.В., Ребрушкин М.Н. Повышение экологичности работы транспортных судов внутреннего и смешанного плавания // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6 (Часть 1). – С. 167–172.

6. Васильев С.А., Зеленов С.Н., Ребрушкин М.Н. Автоматизированный комплекс оптимизации работы судовых двигателей // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2013. – С. 95–102.

7. Васильев С.А., Пачурин Г.В., Ребрушкин М.Н. Повышение эффективности работы грузового флота // Коллективная монография: Качество жизни населения и экология (шифр МН-1-13). – 2013. – С. 68–82.

8. Ребрушкин М.Н., Васильев С.А., Пачурин Г.В. Автоматизированный комплекс оптимизации управления режимами работы судовых двигателей // Технические науки. URL: <http://econf.rae.ru/article/6550>. (дата обращения: 28.04. 2015).

9. Ребрушкин М.Н., Васильев С.А., Пачурин Г.В. Повышение экологичности работы транспортных судов внутреннего и смешанного плавания // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2; URL: www.science-education.ru/102-5634 (дата обращения: 28.04.2015).

10. Ребрушкин М.Н., Васильев С.А., Пачурин Г.В. К вопросу повышения экологичности судов внутреннего и смешанного плавания: Сб. научных трудов SWorld. Материалы междунар. научно-практич. конф. «Современные направления теоретических и прикладных исследований «2012». Т. 1. № 1. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – С. 30–31.

11. Ребрушкин М.Н., Васильев С.А., Пачурин Г.В. Судовые электронные управляющие комплексы: Сб. научных трудов SWorld. Материалы междунар. научно-практич. конф. «Современные направления теоретических и прикладных исследований, 2012». Т. 1. № 1. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – С. 32–33.

References

1. Vasilev A.V., Bezzubov G.I., Vaganov A.B. i dr. Fundamentalnye issledovaniya jeffektivnosti sudovogo jelektronnogo upravljajushhego kompleksa. V 3 t. T. 1. N. Novgorod: NGTU, 1994. 94 p.

2. Vasilev A.V., Bezzubov G.I., Vaganov A.B. i dr. Fundamentalnye issledovaniya jeffektivnosti sudovogo jelektronnogo upravljajushhego kompleksa. V 3 t. T. 3. N. Novgorod: Tr. NGTU, 1995. 107 p.

3. Vasilev S.A., Pachurin G.V., Vasilev M.S. Ustrojstva povyshenija jeffektivnosti i jekologichnosti raboty flota // Bezopasnost i jekologija tehnologicheskikh processov i proizvodstv: tezisy dokl. Vseros. konf. (Rostovskaja oblast, p. Persianovskij, 23–25 maja 2007 g.). pp. 21–28.

4. Vasilev S.A., Zelenov S.N., Rebrushkin M.N. Povyshenie jekologichnosti raboty sudovyh jenergeticheskikh ustanovok // 17-ja Nizhegorodskaja sessija molodyh uchenyh. Nizhnij Novgorod. 2012. pp. 232–235.

5. Vasilev S.A., Pachurin G.V., Rebrushkin M.N. Povyshenie jekologichnosti raboty transportnyh sudov vnutrennego i smeshannogo plavaniya // Fundamentalnye issledovaniya. 2012. no. 6 (Chast 1). pp. 167–172.

6. Vasilev S.A., Zelenov S.N., Rebrushkin M.N. Avtomatizirovannyj kompleks optimizacii raboty sudovyh dvigatelej // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2013. pp. 95–102.

7. Vasilev S.A., Pachurin G.V., Rebrushkin M.N. Povyshenie jeffektivnosti raboty gruzovogo flota // Kollektivnaja monografija: Kachestvo zhizni naselenija i jekologija (shifr MN-1-13). 2013. pp. 68–82.

8. Rebrushkin M.N., Vasilev S.A., Pachurin G.V. Avtomatizirovannyj kompleks optimizacii upravlenija rezhimami raboty sudovyh dvigatelej // Tehniceskie nauki. URL: <http://econf.rae.ru/article/6550>. (data obrashhenija: 28.04. 2015).

9. Rebrushkin M.N., Vasilev S.A., Pachurin G.V. Povyshenie jekologichnosti raboty transportnyh sudov vnutrennego i smeshannogo plavaniya // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2012. no. 2; URL: www.science-education.ru/102-5634 (data obrashhenija: 28.04.2015).

10. Rebrushkin M.N., Vasilev S.A., Pachurin G.V. K voprosu povyshenija jekologichnosti sudov vnutrennego i smeshannogo plavaniya: Sb. nauchnyh trudov SWorld. Materialy mezhdunar. nauchno-praktich. konf. «Sovremennye napravlenija teoreticheskikh i prikladnyh issledovanij «2012». T. 1. no. 1. Odessa: KUPRIENKO, 2012. pp. 30–31.

11. Rebrushkin M.N., Vasilev S.A., Pachurin G.V. Sudovye jelektronnye upravljajushhie komplekсы: Sb. nauchnyh trudov SWorld. Materialy mezhdunar. nauchno-praktich. konf. «Sovremennye napravlenija teoreticheskikh i prikladnyh issledovanij, 2012». T. 1. no. 1. Odessa: KUPRIENKO, 2012. pp. 32–33.

Рецензенты:

Кузьмин Н.А., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Автомобильный транспорт», Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (НГТУ), г. Нижний Новгород;

Наумов В.И., д.х.н., профессор, заведующий кафедрой «ПБЭиХ», Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (НГТУ), г. Нижний Новгород.