

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 621.311
DOI 10.52684/2312-3702-2021-37-3-62-67

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РОССИЙСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ И РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ

В. М. Зайченко¹, Д. А. Соловьев¹, Л. А. Шилова²

¹ *Объединённый институт высоких температур РАН, г. Москва, Россия*

² *Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия*

В статье выполнен анализ экономической эффективности использования централизованного и распределенного производства энергии. Показано, что в общем случае производство энергии крупной централизованной системой эффективнее, чем на отдельных установках распределенной энергетики. Если рассматривать абстрактного потребителя, нуждающегося в энергии на длительный промежуток времени, то величина затрат на единицу производимой для этого потребителя энергии в централизованной системе ниже, чем в отдельной установке, т.к. при одинаковом уровне параметров рабочего тела и технологического совершенства крупная установка всегда экономичнее, чем малая. Влияние так называемого «масштабного фактора» наблюдается во всех без исключения современных технологиях производства энергии. Наиболее наглядно это происходит при генерации электроэнергии, где разрыв в экономичности крупных и мелких установок значительно больше, чем при генерации тепла.

Ключевые слова: *распределенная энергетика, малая энергетика, ВИЭ, энергоэффективность, экономика энергетика.*

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF RUSSIAN CENTRALIZED AND DISTRIBUTED POWER GENERATION

V. M. Zaychenko¹, D. A. Solovyev¹, L. A. Shilova²

¹ *Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

² *Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia*

The article analyzes the economic efficiency of using centralized and distributed energy production. It is shown that, in the general case, the production of energy by a large centralized system is more efficient than at separate installations of distributed energy. If we consider an abstract consumer who needs energy for a long period of time, then the cost per unit of energy produced for this consumer in a centralized system is lower than in a separate installation, because with the same level of working fluid parameters and technological perfection, a large installation is always more economical than a small one. The influence of the so-called "scale factor" is observed in all modern energy production technologies without exception. This happens most clearly when generating electricity, where the gap in the efficiency of large and small installations is much larger than when generating heat.

Keywords: *distributed energy, small-scale energy, renewable energy sources, energy efficiency, energy economics.*

Введение

В России в подавляющем большинстве случаев промышленные и бытовые потребители подключены к централизованным энергосистемам, а редкие исключения (использование изолированных источников энергоснабжения) происходили лишь тогда, когда подключение к системе было невозможно, либо самой системы не существовало [1]. Практически весь располагаемый парк децентрализованных источников энергии сводился к дизельным электрогенераторам, причем производимая ими электроэнергия была значительно дороже производимой централизованной энергосистемой. Это была вынужденная мера. В настоящее время ситуация осталась практически неизменной – в отсутствие централизованного энергоснабжения основной альтернативой остаются дизельные электрогенераторы. Считается, что сейчас в стране эксплуатируются не менее 60 тыс. дизельных электростанций, даже в тех местах, в которых имеются значительные запасы мест-

ных топливно-энергетических ресурсов, к основным из которых в нашей стране относятся торф, древесина и сельскохозяйственные отходы. Технологии, позволяющие использовать местные топливно-энергетические ресурсы для распределенного энергоснабжения, практически отсутствуют [2].

В общем энергетическом балансе автономные энергетические установки занимали малую долю. По уровню задач, стоящих перед государством, проблемы распределенной генерации занимали незначительное место по отношению к обеспечению энергией крупных потребителей. Преимущественное внимание развитию централизованной энергосистемы оправдывалось высокими техническими показателями и экономической эффективностью крупных энергосистем и коррелировало с существовавшей тенденцией укрупнения производственных объектов, постоянным ростом численности населения больших городов и числа таких городов [3, 4].

Так же, как и в других отраслях экономики и промышленного производства, предпочтительное использование определенных технических средств, в данном случае централизованного энергоснабжения в энергетике, не может быть оптимальным для решения всех задач, связанных с обеспечением энергоресурсами потребителей различного функционального назначения. Современные реалии Российской экономики будут требовать пересмотра традиционного соотношения объемов централизованного и распределенного производства энергии. В последнее время все чаще возникают ситуации, когда потребителю выгодно перейти на автономное производство энергии для собственных нужд и, в некоторых случаях, заниматься продажей ее другим потребителям. При этом потребители могут частично или полностью отказаться от услуг централизованной энергосистемы.

Централизованное и распределенное производство энергии в условиях современной России

Анализ экономической эффективности использования централизованного и распределенного производства энергии базируется на утверждении, что в общем случае производство энергии крупной централизованной системой всегда эффективнее и дешевле, чем на отдельных установках распределенной энергетики. Если рассматривать абстрактного потребителя, нуждаю-

щегося в энергии на длительный промежуток времени, то величина затрат на единицу производимой для этого потребителя энергии в централизованной системе ниже, чем в отдельной установке, ибо при одинаковом уровне параметров рабочего тела и технологического совершенства крупная установка всегда экономичнее, чем малая. Влияние так называемого «масштабного фактора» наблюдается во всех без исключения современных технологиях производства энергии. Наиболее наглядно это происходит при генерации электроэнергии, где разрыв в экономичности крупных и мелких установок значительно больше, чем при генерации тепла. Физические основы этого явления очевидны, следует только добавить, что повышение экономичности с ростом единичной мощности наблюдается не только для самой энергетической установки, но и для всего вспомогательного и обслуживающего оборудования электростанции.

Для иллюстрации влияния единичной мощности установки на ее КПД на рисунке 1 приведены данные для самых распространенных типов энергогенерирующих установок: ПТУ (паротурбинные установки) и ГТУ (газотурбинные установки). Для определенности использованы показатели только тех установок, которые присутствуют на внутреннем рынке современной России [5].

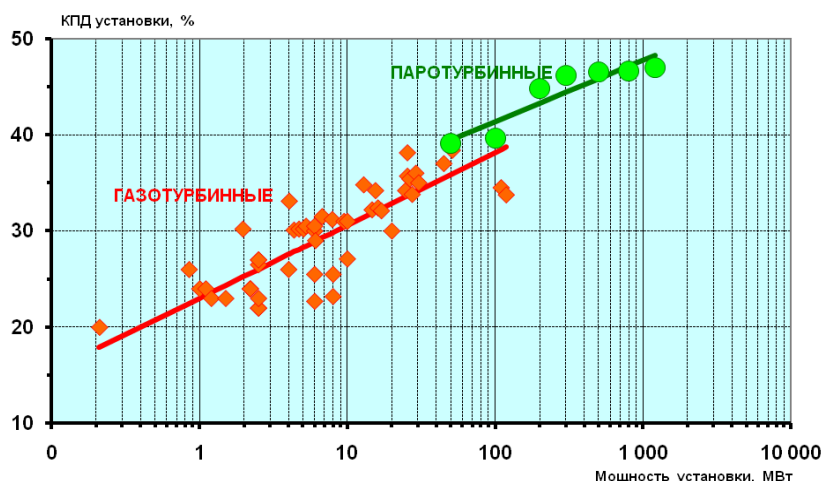


Рис. 1. Влияние масштабного фактора на экономичность типовых энергогенерирующих установок России [1]

Поскольку в централизованной системе средневзвешенная единичная мощность энергоустановки значительно выше, чем в распределенной, то при прочих равных условиях экономия в удельном расходе топлива дает первой значительные экономические преимущества.

Кроме того, в централизованной системе, как правило, используются установки с более высоким уровнем параметров рабочего тела, поскольку рост этих параметров обычно сопряжен с повышением единичной мощности установки. По крайней мере, вся история паротурбостроения подтверждает это. Таким обра-

зом, у централизованных систем имеется еще одно достоинство: возможность реализовывать более высокий уровень параметров рабочего тела энергетической установки и получать дополнительную экономию топлива.

Применительно к паротурбинным установкам на диаграмме приведен КПД собственно турбинной установки, не включающий КПД котла, электрогенератора и не учитывающий расход энергии на привод питательного насоса. В таком виде влияние единичной мощности просматривается наиболее наглядно.

Наиболее выражено преимущества централизованных систем проявляются при рассмотрении удельных капитальных затрат (УКЗ) на сооружение энергетических установок. Снижение УКЗ с ростом единичной мощности – объективное явление, присущее любой энергетической установке, причем снижение происходит как по основным, так и по вспомогательным агрегатам и обслуживающему оборудованию. На УКЗ масштабный фактор влияет даже сильнее, чем на экономичность.

Более всего чувствительны к масштабному фактору технико-экономические показатели газотурбинных установок, менее всего – теплообменного оборудования. В любом случае, более высокая средняя мощность установок централизованного производителя энергии приводит к заметному снижению уровня необходимых капитальных затрат на их сооружение, что обеспечивает этому производителю при прочих равных условиях преимущество перед распределенным производством.

При укрупненном анализе эксплуатационных затрат в энергетических установках и зарубежные и отечественные специалисты обычно выделяют две основные составляющие: так называемые постоянную и переменную.

Постоянная составляющая связана с затратами на капитальный и текущий ремонт оборудования, амортизационными отчислениями и прочими выплатами, величину которых в первом приближении можно считать пропорциональной начальным капитальным затратам и не зависящей от режима работы установки.

Переменная составляющая – это, прежде всего, затраты, связанные с покупкой топлива, химреактивов и сопряженными затратами.

К постоянной составляющей эксплуатационных затрат в полной мере применимы все выше приведенные рассуждения, поскольку относительное снижение удельных капитальных затрат на сооружение энергогенерирующей установки централизованного производителя естественно приводит к соответствующему снижению этой составляющей.

Примером того, насколько сильно масштабный фактор влияет на величину удельных эксплуатационных затрат, являются показатели нескольких установок различной мощности для совместной выработки электроэнергии и тепла, приведенные в таблице 1 [6].

Таблица 1

Зависимость эксплуатационных затрат от мощности установки. Источник: [6]

Мощность установок, кВт	Годовые затраты на обслуживание	
	абсолютные, долл. США	относительные (на кВт мощности), %
40	6 630	237
60	8 970	214
120	11 000	131
250	17 500	100

Показательным является не абсолютный уровень затрат, который всегда сильно зависит от специфики местных условий, а темпы снижения их удельной величины с ростом мощности установки: при увеличении мощности в 6 раз удельные эксплуатационные затраты снизились почти в 2,5 раза. Необходимо отметить, что такое быстрое снижение происходит только в области сравнительно малых мощностей; при дальнейшем росте мощности установки темп снижения величины удельных эксплуатационных затрат падает, хотя само снижение наблюдается во всем анализируемом диапазоне мощностей установок.

Более высокая средняя экономичность установок централизованного производителя обеспечивает также снижение и топливной составляющей эксплуатационных затрат. Хотя по упомянутым показателям централизованное производство оказывается более выгодным по отношению к распределенной генерации, в мировом производстве электроэнергии в последние десятилетия наблюдается устойчивый рост доли децентрализованных источников. По ряду суммарных показателей распределенное производство энергии с экономической точки зрения чаще всего оказывается выгоднее по сравнению с централизованным производством.

Переход к совместному производству электрической и тепловой энергии в настоящее время является приоритетной целью развития энергетики. Именно совместная выработка электроэнергии и тепла с термодинамической точки зрения самый совершенный способ производства энергии. Если под эффективностью понимать отношение полученной полезной энергии - электрической и тепловой к энергии затраченного топлива, то эффективность большинства современных установок совместной выработки лежит в диапазоне от 80 до 90 %, при этом отличаясь, только долей производимого вида энергии. Однако тепловая энергия не может передаваться на большие расстояния без значительных затрат и потерь. По этим причинам производство тепловой энергии должно располагаться близко к потребителю. Если производство электроэнергии расположено на большом расстоянии от потребителя, который также нуждается в тепле, то цикл когенерации становится малоэффективным, а в некоторых случаях полностью невозможным. Раздельное производство электрической и тепловой энергии – огромная потеря для экономики страны.

В энергосистеме России объем централизованного производства тепла только без выработки электроэнергии превышает 40 % от общего производства тепла, что составляет примерно 650 миллионов Гкал в год. Если на половине существующих РТЭС организовать производство электрической энергии за счет

надстройки электропроизводящими установками, то только в пределах энергетических затрат на ГВС можно будет добавочно обеспечить выработку электроэнергии ~100–120 млрд кВт·час в год. Суммарно это позволит снизить потребление топлива в стране на ~ 20 млн т.у.т., т. е. 20 млн т.у.т. при реконструкции только половины котельных и только на тепловой нагрузке, затрачиваемой на ГВС, что не превышает 25 % от потребления энергии на отопление. Здесь следует отметить и то обстоятельство, что в последнее время КПД энергогенерирующего оборудования относительно малой мощности с приводом от микротурбины существенно повышен и мало отличается от эффективности крупных (за исключением ПГУ) энергоблоков.

Таким образом, выработка тепла и электрической энергии является важным стимулирующим фактором для развития распределённой генерации и позволяет им успешно конкурировать с централизованными системами и иметь в даже некоторых случаях определённые преимущества.

Экономическая эффективность когенерационных схем, применяемых в системах теплоснабжения, также обеспечивается установкой газопоршневых двигателей в газовые отопительные котлы для выработки электроэнергии в объеме собственного потребления котельной. Эти данные были получены при рассмотрении возможных вариантов реконструкции газовых котельных, имеющих собственное потребление электроэнергии порядка 200 кВт. Количество отопительных котлов в России с потреблением электроэнергии на собственные нужды на уровне 200 кВт достигает 60 и более тысяч.

Таблица 2

Расчет критериев эффективности создания автономной газопоршневой электростанции (ГПЭС) для котельной (в долл. США)

Наименование показателя	Значение
Исходные данные для расчета	
Электрическая мощность, кВт	200
Тепловая мощность, Гкал/ч	0,24
Расчет показателей для котельной	
Выработка электроэнергии, тыс. кВт·ч/год	1600
Расход природного газа, тыс. м ³ /год	552,0
Себестоимость отпускаемой электроэнергии, долл. кВт·ч	0,026
Себестоимость отпускаемой тепловой энергии, долл./Гкал	0,056
Валовая прибыль, тыс. долл./год	165,2
Рентабельность капитальных вложений, %	46,99
Дисконтированный срок окупаемости (приблизительная оценка), лет	2,8

Как видно из таблицы, дисконтированный срок окупаемости сооружения газопоршневых мини-ТЭЦ для покрытия собственных нужд газовых котельных не превышает трех лет. Для энер-

гетического оборудования это крайне низкий срок окупаемости. Рентабельность вложений – на уровне 50 %. Без учета того, что обеспечение собственного электроснабжения повысит надежность работы котельной, делает ее работу независимой от возможных перебоев в централизованной сети, установка газопоршневой мини-ТЭЦ для покрытия собственных нужд позволит получить значительную экономическую выгоду.

Распределенная генерация оказывается выгодной не только в системах теплоснабжения и для обособленных объектов, расположенных на удаленных территориях, но и при использовании для энергоснабжения потребителей различного функционального назначения в больших городах.

Технико-экономическое сопоставление различных энергетических технологий

Выше было показано, что реализация когенерационного цикла позволяет за счет повышения степени использования топлива сэкономить значительные энергоресурсы. Во многих странах практикуется ограничение вводимых мощностей, работающих без когенерационного цикла. В Дании на уровне законодательства запрещено устанавливать системы теплоснабжения мощностью более 1 МВт без комбинированной выработки электроэнергии [7]. В Нью-Йорке (США) средняя мощность устанавливаемых ТЭЦ, начиная с 1980-х гг., постоянно снижалась [8]. В этих странах перевод в режим когенерации существующих энергетических схем происходил начиная с 1980–1990 гг. прошлого века и к настоящему времени в основном завершен [9]. Следующим направлением получения энергии для западных стран явилась возобновляемая энергетика. Это вызвано дефицитом ресурсов ископаемого топлива и желанием ослабить энергетическую зависимость от стран Ближнего Востока и России. Возобновляемые источники дороже традиционных. Большинство используемых в западных странах схем с возобновляемыми источниками энергии существуют за счет бюджетной поддержки. Очевидно, что у нас должна быть сформирована собственная политика в отношении развития возобновляемых источников энергии, в основе которой должна быть заложена экономическая целесообразность использования новых методов получения энергии.

Сравнение технико-экономических параметров различных типов энергетических установок, включая использующих возобновляемые энергоресурсы, приведено в таблице 3. [1]. Из данных таблицы 3 видно, что за исключением геотермальных электростанций, жестко привязанных к географическим координатам источника, наиболее предпочтительным среди возобновляемых источников являются ветроустановки.

Таблица 3

Сравнительные характеристики электростанций на различных видах топлива* [1]

Наименование показателей	ТЭС с использованием парогазовых технологий	Солнечная ЭС	ВЭС	Геотермальная ЭС	ТЭС с циркулирующим кипящим слоем	ГПЭС на природном газе	ГПЭС на сжиженном природном газе	ГПЭС на дизельном топливе
Номинальная электрическая мощность, МВт	450	50	150	10	1000	12,1	0,200	0,200
Номинальная тепловая мощность, Гкал/ч	387	0	0	0	0	11,6	0,264	0,26
Удельные капитальные вложения, долл. США /кВт	1822,6	4753,3	2390,7	2333,3	2656,0	1801,6	1295,2	1258,1
Критерии эффективности инвестиций:								
- внутренняя норма доходности, %	13,9	16,3	27,1	22,6	15,0	32,9	33,9	7,2
- дисконтированный срок окупаемости, лет	17,5	8,8	7,4	3,6	19,3	5,7	7	17

*Примечание: ГПЭС – газопоршневая электростанция.

В настоящее время при разработке систем для использования ветряных электростанций обычно предлагается использовать системы на дизельном топливе. Установки, работающие на сжиженном природном газе, обладают лучшими финансово-экономическими показателями. Использование таких установок для резервирования мощности, например, для ветряных электростанций, намного предпочтительнее даже несмотря на необходимость создания соответствующей инфраструктуры. Использование распределенных источников энергии на сжиженном природном газе экономически оправдано не только в отдаленных районах, но и в крупных городах для аварийного электроснабжения объектов строительного комплекса, ЖКХ, промышленных предприятий. При создании электростанций на сжиженном природном газе могут быть использованы существующие решения в области газопоршневых электростанций и мини-ТЭЦ, работающих на природном газе.

Заключение

Распределенное производство энергии для нашей страны стало новым направлением. Ранее этому вопросу не уделялось достаточного внимания, поскольку усилия концентрировались на создании централизованной системы, базирующейся на больших мощностях единичных источников, что на определенном этапе экономического развития было обоснованным. Период оптимизации энергетических схем, направленный на развитие распределенной генерации, который проходил в западных странах в течение последних десятилетий, для России прошел практически незамеченным. Определенную роль, видимо, здесь сыграло то, что по времени этот период совпал со значительными изменениями в экономической и политической структуре страны, на фоне которых новации в различных сферах промышленного производства отходили на второй план. Развитие возобновляемых методов получе-

ния энергии, которое реализуется в настоящее время на Западе в качестве этапа реконструкции систем энергообеспечения, следующего за использованием методов совместной выработки, стало объектом повышенного внимания и в нашей стране. Тем не менее, еще раз укажем на то, что широкое использование энергетических технологий, требующих бюджетных дотаций в условиях нашей страны вряд ли целесообразно. Очевидно, необходимо формирование собственной позиции в развитии распределенной генерации, которая должна основываться на имеющейся в стране ресурсной базе, экономических условиях, структуре существующих энергетических мощностей и возможности энергетического машиностроения. В качестве основы для выработки такой позиции, на взгляд авторов, могут быть приняты следующие положения:

1. Надстройка существующих котельных и РТС электрогенерирующим оборудованием на базе газопоршневых и газотурбинных двигателей с целью в первую очередь покрытия собственных нужд и производства дополнительной электроэнергии.

2. Корректировка Генеральной схемы размещения электрогенерирующих объектов с целью включения в нее регионов, областей и территориальных образований, обеспечение которых рекомендуется за счет создания распределенных источников.

3. Разработка типовых проектов для диапазона мощности вновь создаваемых и реконструируемых распределенных источников, использующих природный газ, местные виды топлива и возобновляемые источники энергии.

4. Определение базовых характеристик используемого в проектах основного оборудования и перечня возможных отечественных предприятий-изготовителей.

5. Формирование региональных программ создания систем распределенной генерации на

базе технико-экономического анализа основных задач социально-экономического развития конкретных регионов.

6. Разработка мероприятий законодательного (возможно на уровне регионов) административного и экономического характера, обеспечивающих реализацию программ.

При всей сложности поставленных задач применительно к огромной территории России, их

реализацию необходимо начинать незамедлительно, чтобы исключить принятие непродуманных и неэффективных решений, хаотическое использование импортного оборудования, отсутствие скоординированных целей и задач. Представляется целесообразным на первом этапе постараться реализовать поставленные задачи применительно к одному из регионов. В качестве такого региона может быть выбран Юг России.

Список литературы

1. Зайченко В.М., Чернявский А.А. Сравнение характеристик распределенных и централизованных схем энергоснабжения // Промышленная энергетика. Закрытое акционерное общество "Научно-техническая фирма" Энергопрогресс", 2016. № 1. С. 2–8.
2. Зайченко В., Чернявский А.А. Автономные системы энергоснабжения // http://library.kpi.kharkov.ua/files/new_postupleniya/avtses.pdf. Москва: Недра, 2015. 285 с.
3. Bushuev V.V., Solovyev D.A., Shilova L.A., Adamtsevich A.O. The introduction of Smart grid concept in Russia (on the example of the Smart city "New Moscow"). Oxford: St Hugh's College, Oxford University, 2019. С. 1–8.
4. Бушуев В.В., Соловьев Д.А., Шилова Л.А. Развитие умных городов: электротранспорт «умного» мегаполиса // Научно-технический журнал «Вестник гражданских инженеров», СПбГАСУ. 2018. № 4(69). С. 167–174.
5. Зайченко В.М., Цой А.Д., Штеренберг В.Я. Распределенное производство энергии // М. БукОс. 2008. С. 169.
6. Kolanowski B.F. Small-scale cogeneration handbook. Crc Press, 2021.
7. Соловьев Я.А. Существенные условия договора теплоснабжения в сравнении с зарубежным законодательством // Вестник магистратуры. 2014. С. 82.
8. Башмаков И.А. Анализ основных тенденций развития систем теплоснабжения России // Новости теплоснабжения. 2008. № 2. С. 6–10.
9. Naas R. и др. A historical review of promotion strategies for electricity from renewable energy sources in EU countries // Renew. Sustain. energy Rev. Elsevier, 2011. Т. 15, № 2. С. 1003–1034.
10. Батенин В.М., Зайченко В.М., Леонтьев А.И., Чернявский А.А. Концепция развития распределенной энергетики в России // Известия Российской академии наук. Энергетика. Федеральное государственное бюджетное учреждение "Российская академия наук", 2017. № 1. С. 3–18.

© В. М. Зайченко, Д. А. Соловьев, Л. А. Шилова

Ссылка для цитирования:

Зайченко В. М., Соловьев Д. А., Шилова Л. А. Оценка эффективности российской централизованной и распределенной генерации энергии // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 3 (37). С. 62–67.

УДК 621.396.67.01: 621.396.2
DOI 10.52684/2312-3702-2021-37-3-67-73

СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИВУЧЕСТИ НАЗЕМНЫХ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ АВИАЦИИ ОТ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

А. П. Лапшин, Е. А. Жидко

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия.
Воронежский государственный технический университет. г. Воронеж, Россия*

На ближайшие годы степень дезорганизации управления наземными критически важными объектами будет определяться эффективностью деструктивных информационно-технических воздействий (ИТВ) на их системы связи и управления. ИТВ включают в себя высокоточные и радиоэлектронные средства поражения. Для снижения уязвимости таких объектов защиты необходимо проводить комплекс различных инженерно-технических мероприятий по обеспечению требуемых уровней защищенности и живучести, включающий в себя создание фортификационных сооружений с повышенным уровнем защищенности и применение средства защиты информационно-телекоммуникационных систем. В статье рассмотрены свойства живучести фортификационных сооружений, такие как защищенность, неуязвимость и восстанавливаемость, и способ рефлексивного управления компонентами информационно-телекоммуникационной системы наземных критически важных объектов авиации.

Ключевые слова: живучесть, фортификационные сооружения, информационно-технические воздействия, рефлексивное управление.

MEANS AND METHODS OF ENSURING THE SURVIVABILITY OF GROUND-BASED CRITICAL AVIATION OBJECTS FROM INFORMATION AND TECHNICAL IMPACTS

A. P. Lapshin, E. A. Zhidko

*Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin",
Voronezh, Russian
Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian*

In the coming years, the degree of disorganization of the management of ground-based critical facilities will be determined by the effectiveness of destructive information technology impacts (ITV) on their communication and management systems. ITV includes high-precision and electronic weapons of destruction. To reduce the vulnerability of such protection objects, it is necessary to carry out a