

---

DOI: 10.24937/2542-2324-2021-2-S-I-118-123  
УДК 621.313.12-135:629.5  
EDN: JFARMF

Б.С. Доржиева, В.Н. Железняк, А.Б. Раднаев  
АО «Силовые машины» – завод «Электросила», Санкт-Петербург, Россия

## ГЛАВНЫЕ ТУРБОГЕНЕРАТОРЫ ДЛЯ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Развитие Северного морского пути и арктического шельфа Российской Федерации тесно связано с судостроительной отраслью – строительством ледокольного флота, плавучих и стационарных энергоблоков. Важной частью судна является электроэнергетическая система. В статье рассмотрены главные турбогенераторы для судовых энергетических систем. В составе судовых электроэнергетических систем используются турбогенераторы с воздушным охлаждением. Благодаря воздушному охлаждению турбогенераторы имеют повышенную безопасность, не требуют дополнительных систем охлаждения и подготовки охлаждающих сред. Изготавливаемые заводом «Электросила» турбогенераторы хорошо зарекомендовали себя в процессе эксплуатации. Имеющийся опыт проектирования и изготовления турбогенераторов обеспечивает высокое качество, повышенную эффективность и надежность. Продукция завода «Электросила» соответствует требованиям нормативной документации и Российского морского регистра судоходства. Оборудование может быть выполнено для эксплуатации в районах с морским климатом и в составе судна с неограниченным районом плавания.

**Ключевые слова:** турбогенератор, судовые энергетические системы, плавучие энергоблоки, арктический шельф.  
*Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.*

DOI: 10.24937/2542-2324-2021-2-S-I-118-123  
UDC 621.313.12-135:629.5  
EDN: JGMKNP

B.S. Dorzhieva, V.N. Zheleznyak, A.B. Radnaev  
Electrosila, JSC “Power machines”, St. Petersburg, Russia

## MAIN TURBOGENERATORS FOR MARINE ELECTRIC POWER SYSTEMS

Development of the Northern Sea Route and Russian Arctic offshore areas are closely interconnected with shipbuilding industry, i.e. with construction of new icebreaker fleet, as well as power plants, both floating and fixed. An important part of the ship is its electric power system. This paper tackles main turbogenerators for marine power systems. Marine turbogenerators typically have air cooling, so they are very safe and do not require additional systems for their own cooling or for treatment of their coolants. Turbogenerators offered by Electrosila, JSC “Power machines” are well-proven in operation. The experience of Electrosila, JSC “Power machines” in design and manufacturing of turbogenerator guarantees high quality, efficiency and reliability of its products, compliant with the requirements of applicable regulations and Russian Maritime Register of Shipping. The equipment can be supplied tailor-made for operation in maritime climates or aboard a ship with unlimited navigation area.

**Keywords:** turbogenerator, marine power systems, floating power plants, Arctic offshore.  
*The authors declare no conflicts of interest.*

Одним из направлений развития судостроительной отрасли Российской Федерации является развитие арктических нефтегазовых проектов освоения шельфа [1]. Проекты освоения арктического шельфа напрямую связаны с развитием атомного

ледокольного флота, плавучих энергоблоков и соответствующей инфраструктуры (рис. 1).

Для арктического шельфа особенно остро стоит проблема транспортной доступности нефтегазовых объектов.

---

*Для цитирования:* Доржиева Б.С., Железняк В.Н., Раднаев А.Б. Главные турбогенераторы для судовых электроэнергетических систем. Труды Крыловского государственного научного центра. 2023; Специальный выпуск 1: 118–123.  
*For citations:* Dorzhieva B.S., Zheleznyak V.N., Radnaev A.B. Main turbogenerators for marine electric power systems. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2023; Special Issue 1: 118–123 (in Russian).

**Рис. 1** Проекты Северного морского пути

**Fig. 1.** Projects of the Northern Sea Route



В составе ледоколов и плавучих энергоблоков для выработки электрической энергии используются синхронные электрические машины – турбогенераторы. В табл. 1 приведена референция турбогенераторов производства завода «Электросила» для нужд судостроительной отрасли.

В судовых электротехнических системах используются турбогенераторы с воздушным охла-

ждением. Основными преимуществами турбогенераторов с воздушным охлаждением являются безопасность (благодаря применению воздуха в качестве хладагента исключена возможность возникновения взрывоопасной смеси, что возможно при применении водорода) и простота обслуживания турбогенераторов в процессе эксплуатации и при проведении ремонтов. Недостатком являются уве-

**Таблица 1.** Референция турбогенераторов, произведенных заводом «Электросила» для нужд судостроительной отрасли

**Table 1.** Electrosila turbogenerators for shipbuilding clients: reference list

Тип генератора	Год выпуска	Кол-во	Заказчик	Действующие
ТК-9-4	1972	6	Атомный ледокол «Арктика»	–
ТК-2-2	1972	5		
ТК-2-2	1973	2	Дизельный ледокол «Красин»	+
ТК-9-4	1974	5	Атомный ледокол «Сибирь»	–
ТК-2-2	1974–1976	4		
ТК-9-4	1983	6	Атомный ледокол «Россия»	–
ТК-2-2	1982	5		
ТК-2-2	1985	2	Атомный ледокол «Таймыр»	+
ТК-2-2	1985–1986	5	Атомный ледокол «Советский Союз»	
ТК-9-4	1986	6	Атомный ледокол «Вайгач»	+
ТК-2-2	1986	2		
ТК-9-4	1987	6	Атомный ледокол «Ямал»	+
ТК-2-2	1987	5		
ТК-9-4	1991	6	Атомный ледокол «50 лет Победы»	+
ТК-2-2	1990	5		
ТФ-35-2М5	2008	2	Плавучая атомная электростанция	+
Итого:		72		

личные массогабаритные показатели в сравнении с турбогенераторами с водородным, водородно-водяным и водяным охлаждением.

Применение единых принципов в создании серии турбогенераторов позволяет максимально отработать конструкцию, изучить поведение турбогенераторов в процессе эксплуатации, наладить серийное производство с большой унификацией узлов, использованием технологических приспособлений, простотой обслуживания, высокой надежностью в эксплуатации.

Изготавливаемые заводом «Электросила» турбогенераторы полностью соответствуют требованиям действующей нормативной документации – ГОСТ ИЕС 60034-1-2014, ГОСТ ИЕС 60034-3-2015 и Морского регистра Российской Федерации.

При наличии специальных требований в качестве конечного хладагента может быть применен этиленгликоль или использована разомкнутая схема вентиляции с системой воздухоподготовки.

Линейка турбогенераторов с воздушным охлаждением включает в себя три серии: ТА, ТФ и ТЗФ. Эксплуатация этих генераторов подтверждает их высокую надежность, что особо важно в условиях Арктики.

Референция турбогенераторов с воздушным

охлаждением приведена в табл. 2.

Далее приведен обзор каждой серии турбогенераторов с воздушным охлаждением завода «Электросила».

Серия ТА включает в себя генераторы мощностью от 6 до 30 МВт (рис. 2, 3). Важной особенностью данной серии является возможность изготовления турбогенераторов в блочном исполнении с установкой на раме и транспортировкой в сборе. На данный момент изготовлено более 20 энергоблоков данного исполнения [2].

Серия ТФ изготавливается в диапазоне мощностей от 18 до 160 МВт. Генераторы данной серии имеют отработанные конструктивные решения, отличаются повышенной маневренностью. Начиная с 2020 г. эксплуатируется плавучая атомная теплоэлектростанция в г. Певеке Чукотского АО (рис. 4), в состав которой входят 2 генератора серии ТФ производства завода «Электросила» [3].

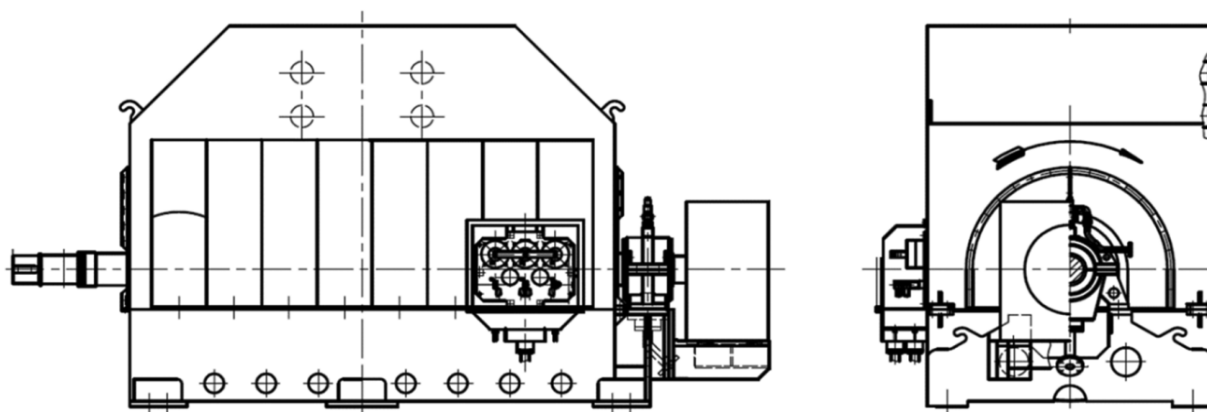
Для атомного ледокола «Лидер» проекта 10510 был предложен турбогенератор серии ТФ в соответствующих климатическом исполнении и категории размещения – ОМ5 (рис. 5).

Турбогенераторы серии ТЗФ включают в себя генераторы мощностью от 50 до 220 МВт (рис. 6, 7).

**Таблица 2.** Референция турбогенераторов с воздушным охлаждением завода «Электросила»

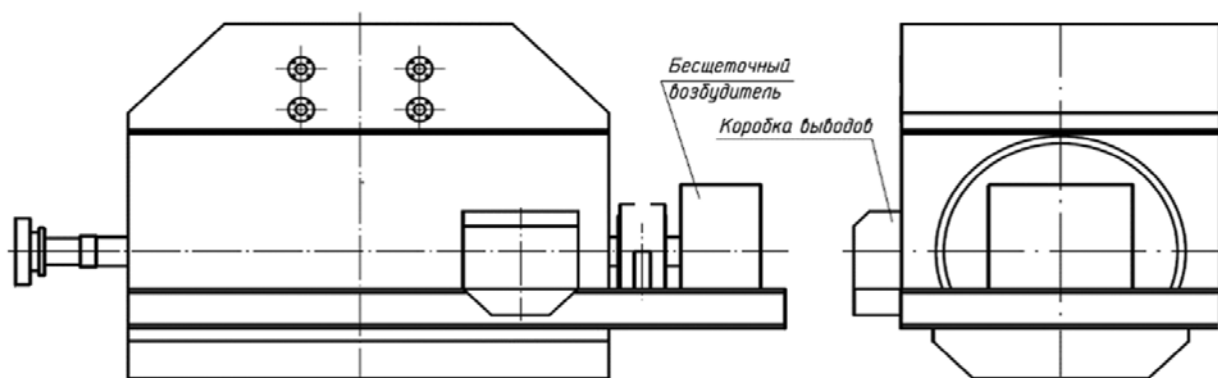
**Table 2.** Electrosila turbogenerators with air cooling: reference list

Тип генератора	Номинальная мощность, МВт	Полная мощность, МВА	КПД, %	Напряжение, кВ
ТАП-6-2	6	7,5	97,8	10,5/6,3
ТАП(Г)-12-2(К)	12	15	98,35	10,5/6,3
ТАП-15-2/6,6Т	15	18,75	98,35	6,3(6,6)
ТФП-18-2ТЗ	18	22,5	98,1	6,3/10,5(11)
ТАП-25-2	25	31,25	98,4	10,5/6,3
ТФП-25-4	25	27,78	97,5	10,5
ТАП-30-2	30	37,5	98,4	10,5/6,3
ТФП-36-2	36	45	98,1	10,5
ТФП-40-2М	40	50	98,4	6,3/10,5
ТЗФП(Г)-63-2М	63	78,75	98,4	10,5/6,3
ТЗФП-80-2	80	100	98,4	10,5
ТЗФП-80-2М	80	100	98,5	10,5
ТЗФП-90-2/15,75	90	105,88	98,5	15,75
ТФП-110-2/13,8	110	137,5	98,5	13,8
ТЗФП(Г)-110-2М	110	137,5	98,45	10,5
ТЗФП-130-2	130	162,5	98,45	10,5
ТЗФП(Г)-160-2М	160	188,2	98,6	15,75
ТЗФГ-180-2	180	211,8	98,6	15,75
ТЗФП-220-2	225	264,7	98,6	15,75



**Рис. 2.** Турбогенератор ТАП-6-2

**Fig. 2.** Turbogenerator ТАП-6-2



**Рис. 3.** Турбогенератор ТАП-6-2 в блочном исполнении

**Fig. 3.** Turbogenerator ТАП-6-2: modular design

Генераторы данной серии имеют более интенсивное и равномерное охлаждение активных частей, в конструкции используются изоляционные материалы с повышенной теплопроводностью.

Возможно изготовление турбогенераторов большей мощности в соответствии с мощностью энергетической установки.

Турбогенераторы общепромышленного исполнения могут быть применены для морских объектов с сохранением ядра и корректировкой компоновки турбогенератора в целом.

Завод «Электросила» имеет опыт изготовления турбогенераторов для плавучей атомной теплоэлектростанции (ПАТЭС) – было изготовлено 2 генератора мощностью 35 МВт.

Соответствие параметров турбогенератора заявленным в Техническом задании (Договоре) подтверждается на испытательном стенде завода «Электросила». На данном стенде проводятся приемочные, прямо-сдаточные, типовые и периоди-

ческие испытания. Полученные результаты испытаний подтверждают возможность эксплуатации турбогенераторов в районах с морским климатом и для электроэнергетических систем судов неограниченного района плавания с учетом требований Российского морского регистра судоходства.

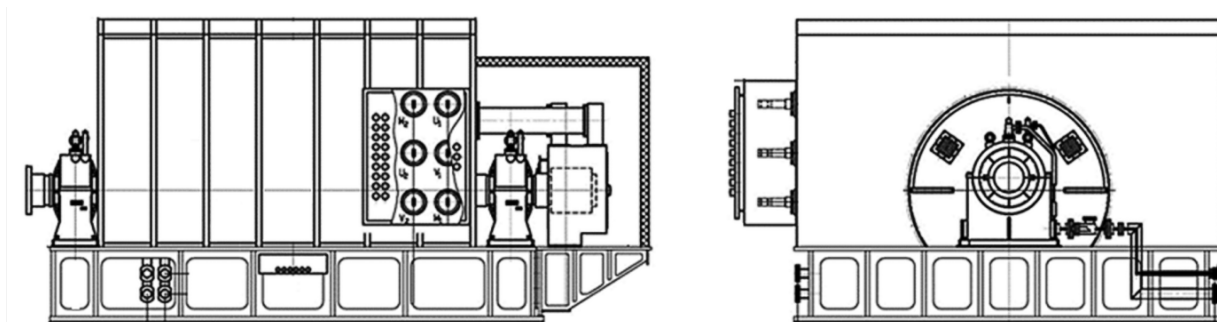
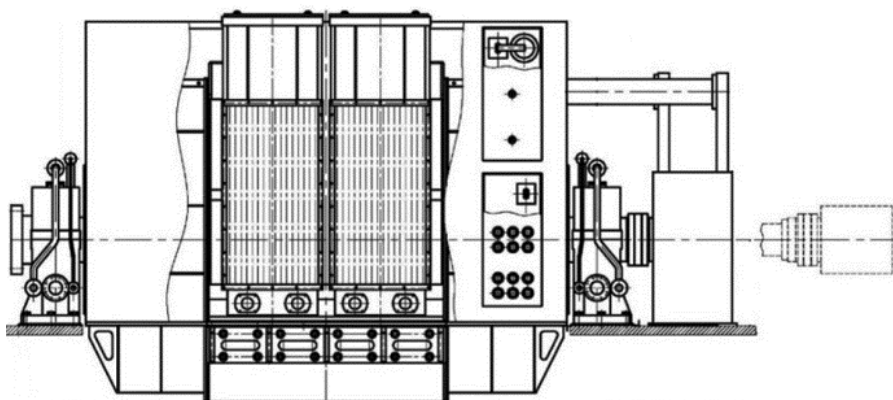


**Рис. 4** Плавучая атомная теплоэлектростанция (ПАТЭС)

**Fig. 4.** Floating nuclear power plant (NPP)

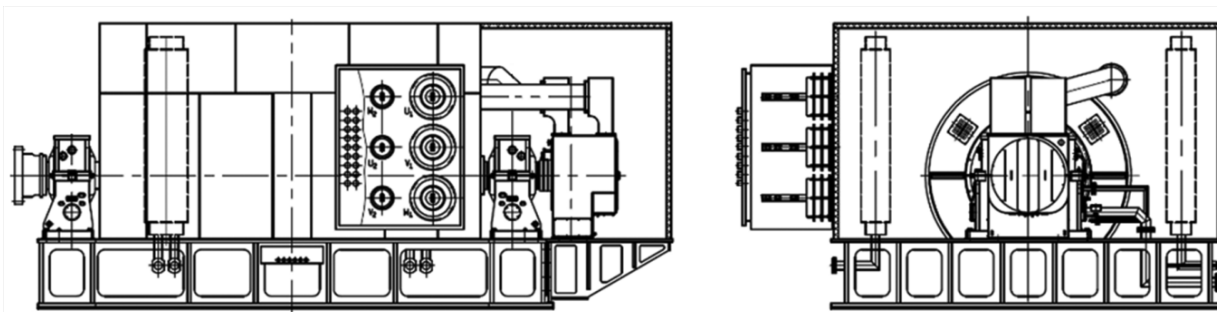
**Рис. 5** Турбогенератор  
ТФ-37-20М5

**Fig. 5.** Turbogenerator  
ТФ-37-20М5



**Рис. 6** Турбогенератор ТЗФ-63-20М5

**Fig. 6.** Turbogenerator ТЗФ-63-20М5



**Рис. 7.** Турбогенератор ТЗФП-100-20М4

**Fig. 7.** Turbogenerator ТЗФП-100-20М4

Испытания головного турбогенератора ТФ-35-20М5, изготовленного для ПАТЭС, показали полное соответствие требованиям Технического задания. Полученные отклонения находятся в допустимых пределах в соответствии с Техническим заданием и нормативной документацией.

Турбогенераторы «Электросилы» в сравнении с конкурентным решением имеют высокий КПД и обширную референцию (сравнение произведено при

одинаковых значениях активной мощности, коэффициента мощности, частоты вращения и напряжения).

Производственные мощности, надежные конструктивные решения, опыт изготовления и эксплуатации завода «Электросила» позволит обеспечивать потребности отечественной судостроительной отрасли для обеспечения круглогодичной работы Северного морского пути и своевременной доставки углеводородов и грузов.

Благодаря обширному опыту проектирования, изготовления турбогенераторов, применению современных конструктивных решений завод «Электросила» обеспечивает:

- большую номенклатуру типов и серий турбогенераторов;
- соответствие параметров турбогенератора заявленным в Техническом задании (Договоре) по согласованной с заказчиком программе испытаний;
- высокую надежность в эксплуатации;
- возможность доработки турбогенераторов общепромышленного назначения для применения на морских объектах;
- возможность изготовления турбогенераторов в блочном (модульном) исполнении с установкой на раме и транспортировкой в сборе;
- возможность эксплуатации в районах с морским климатом и для судов с неограниченным районом плавания с учетом требований Российского морского регистра судоходства;
- возможность применения в составе судов и морских платформ (стационарных платформ и плавучих буровых установок) [2, 4].

## Список использованной литературы

1. Павлихина А. Потенциал арктического шельфа // Neftegaz.RU. 2021. № 11. С. 6–7.
2. Гришин Н.В., Железняк В.Н., Филин А.Г. Энергетическое оборудование блочного исполнения для АЭС малой мощности, предназначенное для эксплуатации в условиях Арктики и континентального шельфа // Сборник работ лауреатов Международного конкурса научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие и освоение Арктики и континентального шельфа 2021 года. Москва : Технологии развития, 2021. С. 70–74.
3. Атомные станции малой мощности // Росатом : [официальный сайт]. Москва, 2023. URL: <https://rosatom.ru/production/atomnye-stantsii-maloy-moshchnosti> (дата обращения: 10.07.2023).
4. Мощное генерирующее и приводное оборудование для нефтегазовой отрасли и условий Арктики / Н.В. Гришин, В.Н. Железняк, И.Н. Железняк, А.Г. Филин // Нефть. Газ. Новации. 2022. № 4(257). С. 76–79.

## References

1. A. Pavlikhina. Potential of the Arctic offshore areas // Neftegaz.RU. 2021, No. 11, pp. 6-7 (in Russian).

2. N. Grishin. V. Zheleznyak, A. Filin. Power modules for small NPPs intended to operate in Arctic and offshore areas // Compendium of prize-winning papers, Arktika-2021 International Contest of research, R&D and innovation concepts towards development and exploration of Russian Arctic and its offshore regions. Moscow, Tekhnologii razvitiya, 2021, pp. 70-74 (in Russian).
3. Small Nuclear Power Plants. Official web site of Rosatom, <https://rosatom.ru/en/rosatom-group/small-nuclear-power-plants/>, accessed on 10.07.2023.
4. Powerful generating and driving equipment for oil & gas industry and Arctic conditions / N. Grishin, V. Zheleznyak, I. Zheleznyak, A. Filin // Neft. Gaz. Novacii (Oil. Gas. Innovations), 2022, No. 4(256), pp. 76-79 (in Russian).

## Сведения об авторах

*Доржиева Бэлигма Станиславовна*, инженер-конструктор СКБПТ АО «Силовые машины» – «Завод Электросила». Адрес: 196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 158. Тел.: +7 (812) 676-42-00. E-mail: Dorzhieva\_BS@power-m.ru.

*Железняк Владимир Николаевич*, начальник отдела СКБПТ АО «Силовые машины» – «Завод Электросила». Адрес: 196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 158. E-mail: Zheleznyak\_VN@power-m.ru.

*Раднаев Андрей Баирович*, инженер-конструктор, СКБПЭМ АО «Силовые машины» – «Завод Электросила». Адрес: 196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 158. E-mail: Radnaev\_AB@power-m.ru.

## About the authors

*Beligma S. Dorzhieva*, Design Engineer, Special Design Bureau of Turbogenerators, Electrosila, JSC “Power machines”. Address: 158, Moskovskiy pr., St. Petersburg, Russia, post code 196105. Tel.: +7 (812) 676-42-00. E-mail: Dorzhieva\_BS@power-m.ru.

*Vladimir N. Zheleznyak*, Head of Department, Special Design Bureau of Turbogenerators, Electrosila, JSC “Power machines”. Address: 158, Moskovskiy pr., St. Petersburg, Russia, post code 196105. E-mail: Zheleznyak\_VN@power-m.ru.

*Andrey B. Radnaev*, Design Engineer, Special Design Bureau of Electric Machines, Electrosila, JSC “Power machines”. Address: 158, Moskovskiy pr., St. Petersburg, Russia, post code 196105. E-mail: Radnaev\_AB@power-m.ru.

Поступила / Received: 17.07.23  
Принята в печать / Accepted: 01.08.23  
© Коллектив авторов, 2023

