

УДК 691.328.4

Ю.О. КУСТИКОВА, инженер (yulia.kustikowa@yandex.ru), В.И. РИМШИН, д-р техн. наук,
Л.И. ШУБИН, инженер

Московский государственный строительный университет (129337, Москва, Ярославское ш., 26)

Практические рекомендации и технико-экономическое обоснование применения композитной арматуры в железобетонных конструкциях зданий и сооружений

Рассматривается применение и использование композитной арматуры (стеклопластиковой и базальтопластиковой) в железобетонных конструкциях. Представлены физико-механические характеристики арматуры АСП и АБП, а также сравнительные характеристики базальтопластиковой и стеклопластиковой арматуры со стальной арматурой. Отмечается, что базальтопластиковая арматура может быть эффективно использована и для армирования ненапрягаемых конструкций, так как при той же величине модуля упругости ее прочность может колебаться в широких пределах. Для изготовления ненапрягаемой базальтопластиковой арматуры могут быть использованы менее дефицитные, дешевые аппретирующие составы и связующие, что наряду с использованием сравнительно дешевого волокна снизит отпускные цены на арматуру. Поиск альтернативных путей замещения металлической арматуры в несущих железобетонных конструкциях на композитную, не подвергающуюся коррозии и одновременно имеющую высокую несущую способность, является актуальной научно-исследовательской задачей. Известно, что композитные материалы минимизируют коррозию и другие силовые и средовые воздействия. В то же время они должны быть технологичными в изготовлении, экологически безопасными и не выделять вредных веществ, загрязняющих окружающую среду. В настоящее время ведутся интенсивные исследования по поиску путей замены металла на другую арматуру. Примером таких исследований является создание разных видов пластиков, которые постепенно вытесняют его. Серьезным прорывом в этом направлении за последние годы стало открытие «стекло и базальтовой технологии», которая позволила пополнить базу строительных материалов новыми для строительных конструкций типами арматуры.

Ключевые слова: композитная арматура, предварительно напряженные конструкции, прочность, растяжение, модуль упругости, арамидное волокно.

YU.O. KUSTIKOVA, Engineer, V.I. RIMSHIN, Doctor of Sciences (Engineering), L.I. SHUBIN, Engineer
Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Practical Recommendations and Technical and Economic Assessment of Using Composite Reinforcement in Reinforced Concrete Structures of Buildings and Facilities

The article considers the application and use of composite reinforcement (glass-plastic and basalt-plastic) in reinforced concrete structures. Physical-mechanical characteristics of reinforcements ASP and ABP as well as characteristics of basalt-plastic and glass-plastic reinforcement in comparison with the characteristics of steel reinforcement are presented. It is noted that basalt-plastic reinforcement can be efficiently used for reinforcement of non-tensioned structures as its strength can vary widely at the same value of elastic modulus. The search for alternative ways of substituting the metal reinforcement in bearing reinforced concrete structures for composite one which does not corrode and, at the same time, has high bearing capacity is an actual scientific-research task. It is known that composite materials minimize corrosion and other force and medium impacts. At present the intensive studies aimed at searching for substitution of metal for other reinforcement are conducted. The example of such studies is the creation of various types of plastics which gradually supplant it. In recent years a serious breakthrough in this direction was the opening of "glass and basalt technology" which made it possible to "renew" the building materials base with new types of reinforcement for building structures.

Keywords: composite reinforcement, pre-stressed structures, strength, tension, elastic modulus, aramid fibre.

Потребность капитального строительства в неметаллической арматуре возникла в середине прошлого века. Расширение применения армированных бетонных конструкций в ответственных сооружениях, эксплуатируемых в сильноагрессивных средах, потребовало создание арматуры, способной выдержать воздействие такой среды. Кроме того, необходимо было обеспечить антимагнитные и диэлектрические свойства некоторых изделий и сооружений. Ограниченные запасы руд, пригодных для получения стали и легирующих присадок, также были причиной, ускорившей применение неметаллической арматуры.

В Германии, Нидерландах, СССР, США, Японии и др. странах были проведены научные исследования, позволившие приступить к практическому решению проблемы.

В качестве несущей основы высокопрочной неметаллической арматуры было выбрано непрерывное тонкое высокопрочное стеклянное волокно диаметром 10–15 мкм, нити которого формовали в виде монолитного стержня с использованием синтетических смол (эпоксидной, эпоксифенольной, полиэфирной и др.). К волокну предъявлялись повышенные требования к сохранению прочности в щелочной среде бетона и высокому сопротивлению растяжению.

В прошедшие годы (Москва, Минск, Харьков) была разработана непрерывная технология изготовления такой арматуры диаметром 6 мм из щелочестойкого стекловолокна малоциркониевого состава марки Щ-15 ЖТ, подробно изучены ее физико-механические свойства. Особое внимание уделялось изучению химической стойкости и долговечности стекловолокна и арматуры на его основе в бетоне при воздействии различных агрессивных сред. Выявлена возможность получения стеклопластиковой арматуры со следующими показателями: временное сопротивление разрыву до 1500 МПа; начальный модуль упругости 50000 МПа; плотность 1,8–2 т/м³ при содержании стекловолокна 80 мас. %; рабочая диаграмма при растяжении прямолинейна вплоть до разрыва (предельные деформации к этому моменту достигают 2,5–3%); долговременная прочность арматуры в нормальных температурно-влажностных условиях 65% от временного сопротивления; коэффициент линейного расширения стеклопластиковой арматуры $5,5\text{--}6,5 \cdot 10^{-6}$ [1–4].

Были всесторонне исследованы опытные предварительно напряженные изгибаемые элементы с такой арматурой под воздействием статических нагрузок, разработаны технологические правила изготовления арматуры и рекомендации по проектированию бетонных конструкций с неметаллической арматурой, намечены целесообразные области их применения.

Экспериментальные образцы электроизолирующих траверс опор ЛЭП были установлены на опытных участках линий электропередачи в России, Белоруссии и Аджарии. Проведены исследования по использованию стеклопластиковой арматуры в опорах контактной сети и напорных трубах. Стеклопластиковая арматура нашла также применение в ваннах из полимербетона в цехах электролиза предприятий цветной металлургии, в плитах перекрытий на нескольких складах минеральных удобрений.

К сожалению, заводского производства стеклопластиковой арматуры в промышленных масштабах организовать не удалось, в небольших количествах такая арматура изготавливается на лабораторной установке НТПО «Белстройнаука» в Минске.

В последние годы в России пришли к выводу, что целесообразнее использовать вместо стеклянного волокна базальтовое, производство которого менее трудоемко, а сырье вполне доступно. Можно констатировать, что в нашей стране разработаны основные исходные данные для промышленного выпуска стеклопластиковой арматуры диаметром 6–8 мм, проектирования и изготовления различных предварительно напряженных конструкций с такой арматурой, намечены области их применения.

В Германии разработана и подробно изучена стеклопластиковая арматура диаметром 7,5 мм из алюмоборосиликатного стекловолокна и полиэфирной смолы под названием «полисталь». Испытания на статические, динамические и длительные нагрузки позволили установить следующие исходные характеристики этой арматуры: кратковременная прочность при растяжении 1650 МПа; модуль упругости 51000 МПа; удлинение при разрыве 3,3%; долговременная прочность 1100 МПа; потери напряжения от релаксации 3,2 %; перепад напряжения при $2 \cdot 10^6$ циклов нагружения 55 МПа; коэффициент температурного расширения $7 \cdot 10^{-6}$.

После испытания опытных балок были разработаны основные положения по расчету и конструированию ответственных инженерных сооружений. За последние годы было

возведено десять одно-, двух- и трехпролетных автодорожных и пешеходных мостов с арматурой «полисталь». Пролетные строения мостов, достигавшие 25 м, армировались пучками из стеклопластиковых стержней диаметром 7,5 мм с натяжением на бетон. На стержни наносилось защитное полиамидное покрытие толщиной 0,5 мм. Число стержней в пучке 19, рабочее усилие натяжения пучка 600 кН [5].

Особое внимание проблеме создания и применения высокопрочной неметаллической арматуры уделяется в Японии. Освоено производство фибропластиковой арматуры на базе углеродных и арамидных волокон, исследованы их физико-механические свойства. Проволока и канаты изготавливаются из углеродного волокна диаметром 7 мкм с пределом прочности 3600 МПа. Проволока собирается из 12 тыс. волокон, соединяемых между собой пластиком. Из проволоки свиваются канаты различной несущей способности, подвергаемые после свивки термической обработке.

Разработан перспективный сортамент арматуры, в который входят проволока, а также 7-, 9- и 37-проволочные канаты с усилием от 10 до 100 кН. Например, установлены характеристики 7-проволочных углепластиковых канатов: временное сопротивление 1750 МПа; модуль упругости – 140000 МПа; удлинение при разрыве 1,6 %; плотность 1,5 т/м³; релаксация напряжений 2,5%; теплостойкость 200°C; высокие кислото- и щелочестойкость.

Разработана арматура из арамидных волокон диаметром от 3 до 16 мм с разрывным усилием от 8 до 250 кН. Стержни получают путем сплетения жгутов из непрерывных волокон с последующей пропиткой пластиком и тепловой обработкой. Предельное удлинение арматуры при разрыве 2%, модуль упругости – 66000 МПа. Следует отметить, что эта арматура малых диаметров (до 5 мм) пригодна для поперечного спирального армирования конструкций (ТУ 5769-001-00243240–2010 «Арматура неметаллическая композитная», ТУ 5769-248-35354501–2007 «Арматура неметаллическая композитная периодического профиля»).

В Японии проведен значительный комплекс исследований опытных балочных конструкций с различными видами неметаллической арматуры, возведены автомобильные и пешеходные мосты небольших пролетов. Ведутся активные исследования возможности применения углепластиковой арматуры в различных областях строительства. Так, высокопрочные ленты различного поперечного сечения из углепластика начали использовать для усиления железобетонных конструкций в эксплуатируемых ответственных сооружениях.

Необходимо отметить пионерные работы, выполненные в Нидерландах с неметаллической арматурой из арамидных волокон. Накопленный материал по свойствам такой арматуры прямоугольного и круглого сечения был впервые доложен на конгрессе FIB в 1986 г. и вызвал большой интерес. Позднее в этой же стране была разработана композитная проволока диаметром 5 мм из углеродных волокон и эпоксидного связующего. Временное сопротивление проволоки колеблется от 2300 до 3300 МПа в зависимости от прочности волокна и его доли в сечении. Освоено производство такой проволоки и получен опыт ее применения в качестве напрягаемой арматуры в сваях. Отмечается перспективность применения пучков из композитной проволоки в вантах большепролетных мостов и для внешнего армирования различных предварительно напряженных конструкций (СТО 017 НОСТРОЙ 2.6.90–2014 «Применение в

Таблица 1

Размеры периодического профиля

№ профиля	Размеры, мм						Масса теоретическая 1 м., кг
	Наружный диаметр, dn	Предельное отклонение	Внутренний диаметр, dвн	Предельное отклонение	Расчетный диаметр, dp	Предельное отклонение	
5	5	±0,3	3,8	±0,3	3	±0,1	0,025
8	7,8		6,5		5,8		0,065
10	10		8,7		8		0,0125

Таблица 2

Физико-механические характеристики арматуры АСП и АБП, при растяжении

Вид композитной арматуры	Номер профиля	Разрывное усилие, Н	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Модуль упругости, МПа
АСП	5	8800	1200	2,3	52800
	8	28000	1040	2,3	41360
	10	45600	880	2,3	41360
АБП	5	11000	1500	2,5	60000
	8	35000	1300	2,5	47000
	10	57000	1100	2,5	47000

строительных бетонных и геотехнических конструкциях неметаллической композитной арматуры»).

Большой эксперимент проведен учеными США и Канады на одном пролете предварительно напряженного балочного автодорожного моста, армированного проволокой и канатами из углепластика японского производства. Применение современных измерительных систем и продолжение испытаний вплоть до разрушения позволили получить обширный комплекс данных, необходимых для положительной оценки мостов с такой арматурой.

В последние годы научные исследования в области неметаллической арматуры за рубежом значительно продвинулись. Такую арматуру стали использовать в различных сооружениях. Получили применение углеродное и арамидное волокна с более высокими механическими свойствами, расширен сортамент арматуры за счет витых канатов, возведено более десятка автодорожных и пешеходных мостов с различными пролетами.

Многочисленные публикации о неметаллической арматуре в мировой научной литературе подтверждают перспективность этого материала и необходимость интенсификации исследований в этой области. За последние годы в России научные и производственные организации освоили производство неметаллических композитных элементов гибких связей. В основном производятся стеклопластиковые гибкие связи и анкерные стержни. Однако к арматуре бетонных конструкций в отличие от гибких связей предъявляются особые требования, касающиеся длительной прочности, сцепления с бетоном, модуля упругости и т. д [1, 3].

С учетом современного состояния коррозионных исследований и свойств опытно-промышленных партий неметаллической арматуры рекомендуется применение АБП и АСП:

- для армирования бетонных конструкций и смешанного армирования железобетонных конструкций;
- в армированных конструкциях, подвергающихся воздействию агрессивных сред, согласно СНиП 2.03.11–85

и МГСН 2.08–01, вызывающих коррозию стальной арматуры (хлористые соли, агрессивные газы повышенных концентраций и др.). Целесообразно применение АБП и АСП в элементах дорожного строительства, которые подвергаются агрессивному воздействию противогололедных реагентов;

- при ремонте железобетонных конструкций, поврежденных воздействием агрессивных, в первую очередь хлоридных сред;
- в случаях, когда отсутствует возможность обеспечить нормативные требования к толщине защитного слоя (тонкостенные конструкции различного назначения, например панели защитных сооружений от шума, ограды, конструкции архитектурного назначения и другие);
- в бетонах на шлакопортландцементе, пуццолановом цементе, смешанных вяжущих с высоким содержанием активных минеральных добавок и т. п.;
- в монолитных бетонах с хлоридсодержащими противоморозными добавками, (хлорид кальция, нитрат-хлорид кальция, нитрат-хлорид кальция с мочевиной и другие);
- в пористых и крупнопористых бетонах (дренажные трубы), легких и ячеистых бетонах, в том числе при монолитном строительстве;
- при армировании кирпичной кладки, в том числе в зимнее время, когда в кладочный раствор вводятся ускорители твердения и противоморозные добавки – хлористые соли, вызывающие коррозию стальной арматуры [2].

С целью улучшения теплотехнических характеристик стен рекомендуется применение АБП и АСП в наружном слое трехслойных стеновых панелей с гибкими связями, при этом арматура перемычек и зоны усиления платформенного стыка должна оставаться металлической.

С освоением промышленного производства АБП и АСП, улучшением качества арматуры и получением экспериментальных данных за более длительные сроки испытаний область применения АБП и АСП может быть в дальнейшем

Таблица 3

**Сравнительные характеристики базальтопластиковой
и стеклопластиковой арматуры со стальной**

Характеристики	Металлическая арматура класса А-Ш (А400С) ГОСТ 5781-82	Композитная арматура АСП – стеклопластиковая АБП – базальтопластико-вая)
Материал	Сталь 35ГС, 25Г2С и др.	АСП — стеклянные волокна диаметром 13–16 мк, связанные полимером; АБП — базальтовые волокна диаметром 10–16 мк, связанные полимером.
Временное сопротивление при растяжении, МПа	700–900	800-АСП 1200-АБП
Модуль упругости, МПа	25000–35000	30000-АСП 40000-АБП
Относительное удлинение, %	25	2,2-АСП и АБП
Плотность, т/м ³	7	1,9-АСП и АБП
Коррозионная стойкость к агрессивным средам	Корродирует с выделением продуктов ржавчины	Нержавеющий материал первой группы химической стойкости, в том числе к щелочной среде бетона
Теплопроводность	Теплопроводна	Нетеплопроводна
Электропроводность	Электропроводна	Диэлектрик
Долговечность	По строительным нормам	Прогнозируемая долговечность не менее 80 лет
Замена арматуры по физико-механическим свойствам	6А–400 8А–400 10А–400 12А–400 14А–400 16А–400 18А–400	5АСП, 5АБП 6АСП, 6АБП 8АСП, 8АБП 10АСП, 10АБП 12АСП, 12АБП 14АСП, 14АБП 16АСП, 16АБП
Параметры равнопрочного арматурного каркаса при нагрузке 25 т/м ²	При использовании арматуры 8А-400 размер ячейки 14×14 см	При использовании арматуры 8АСП размер ячейки 23×23. Уменьшение веса в 9 раз

Таблица 4

Сравнительная характеристика АСП и АБП с металлической

АСП + АБП				Сравнительно с металлом			
Профиль	Кол-во, м/т	Цена, р/т	Цена р/м	Равнопрочная замена на металл	Цена, р/т*	Кол-во, м/т	Цена р/м
АСП-4	48780	390240	8	6А3	20000	4504	4,44
АБП-4		409752	8,4				
АСП-6	20618	195871	9,5	8А3	20000	2531	7,9
АБП-6		220612,6	10,7				
АСП-8	11299	161575	14,3	12А3	20000	1126	17,76
АБП-8		185303,6	16,4				
АСП-10	7092	151768,8	21,4	14А3	20000	826	24,21
АБП-10		177300	25				
АСП-12	4897	146910	30	16А3	20000	632	31,64
АБП-12		172864,1	35,3				

* Средняя рыночная цена по состоянию на июнь 2013 г.

расширена с учетом совершенствования технологии ее производства.

Неметаллическая арматура выпускается профилем 5; 8 и 10 мм и характеризуется следующими показателями:

- нормальный диаметр стержней 5±0,3 мм; 7,8±3 мм; 10±3 мм.
- длина стержней свыше 32000±5 мм;
- объемная масса 1,9±0,1 т/м³.

Гарантийный срок сохранения свойств арматуры 24 мес. с момента изготовления при соблюдении правил хранения и транспортирования.

Неметаллическая композитная арматура может применяться как в виде отдельных стержней, так и в виде каркасных сеток.

В наружных стеновых панелях арматуру АСП и АБП следует применять преимущественно в виде сеток. В случае невозможности получения готовых сеток они изготавливаются на месте применения.

Сетки изготавливают с перевязкой мест пересечения стержней синтетической нитью и последующей пропиткой эпоксидной смолой и отверждением эпоксидной смолы. Толщина защитного слоя у арматуры назначается из условия совместной работы арматуры и бетона. При проектировании конструкций с неметаллической арматурой толщина защитного слоя назначается по СНиП 2.03.01–84.

При укладке арматуры в форму проектная толщина защитного слоя обеспечивается установкой фиксаторов из

цементно-песчаного раствора или теплостойких и щелочестойких полимерных материалов, например, полиэтилена.

При работе с арматурой АСП и АБП необходимо использовать индивидуальные средства защиты кожи рук по ГОСТ 12.4.068 и специальную одежду по ГОСТ 12.4.011 и ГОСТ 12.4.103. При резке арматуры следует дополнительно использовать индивидуальные средства защиты органов дыхания по ГОСТ 12.4.034 и защиты глаз по ГОСТ 12.4.013.

Композитная арматура во многом превосходит стальную:

- прочнее стальной в 1,5–2 раза;
- легче стальной в 3,5–4 раза;
- имеет высокий модуль упругости при небольшом коэффициенте относительного удлинения, высокую стойкость к стрессовым нагрузкам;
- обладает прекрасными реологическими характеристиками;
- не подвержена коррозии, весьма слабо меняет свои механические свойства под воздействием кислот, солей и щелочей;
- является диэлектриком, радиопрозрачна, магнитоинертна (исключено изменение прочностных свойств под воздействием электромагнитных полей);
- не теряет своих прочностных свойств под воздействием сверхнизких температур;
- коэффициент теплового расширения композитной арматуры соответствует КТР бетона, что исключает порывы армирования и трещинообразование в защитном слое бетона под воздействием температурных циклов.

Срок эксплуатации железобетонных конструкций при воздействии агрессивных сред резко сокращается. Замена их стеклопластбетонными уменьшает затраты на капитальные ремонты, убытки от которых существенно возрастают, когда на время ремонта требуется остановка производства. Капиталовложения на возведение конструкций, где используется стеклопластиковая арматура, практически одинаковы с затратами при возведении железобетонных. Однако через пять лет они окупаются, а через двадцать лет экономический эффект достигает двукратной стоимости возведения конструкций. Положительным фактором можно назвать транспортировку стекло- и базальтопластиковой арматуры, так как вес ее в шесть раз меньше, металлической.

Список литературы

1. Кустикова Ю.О., Римшин В.И., Батдалов М.М. Практические рекомендации и технико-экономическое обоснование применения композитной арматуры при проведении бетонных работ. Актуальные проблемы развития жилищно-коммунального хозяйства городов и населенных пунктов. IX Международная Научно-практическая конференция. Москва – София - Кавала. 30 мая – 6 июня, 2010 г. С. 39-48.
2. Тур В.В., Семенюк О.С. Применение базальтопластиковой арматуры при изготовлении самонапряженных конструкций // Вестник Брестского государственного технического университета Строительство и архитектура. 2013. № 1 (79). С. 99-103.
3. Шалудин С.А. Применение базальтопластиковой и композитной арматуры как инновационно ориентированный инструмент обеспечения социально-экономического развития строительного комплекса // Вестник Московского государственного открытого университета. Техника и технология. 2012. № 2 (8) С.59–63
4. Abashidze G.S., Marquis F.D.S., Chikhradze N.M. Basalt reinforced plastics: Some operating properties. *Materials Science Forum*. 2007. Vol. 561-565, pp. 671–674.
5. ACI 440.1R-06 Guide for the design and construction of structural concrete reinforced with FRP bars. *American Concrete Institute*, 2006. 44 p.

References

1. Kustikova Yu.O. Rimshin V. I. Batdalov M. M. Practical recommendations and the feasibility study on use of composite fittings when carrying out concrete works. *Actual problems of development of housing and communal services of the cities and settlements. The ninth International Scientific and practical conference*. Moscow-Sofia- Kavalas, May 30 – June 6. 2010, pp. 39-48. (In Russian).
2. Tur V.V., Semenyuk O.S. Application of basalt-plastic reinforcement in the manufacture of self-intense designs. *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2013. No. 1 (79), pp. 99-103. (In Russian).
3. Shaludin S.A. Application of basalt-plastic and composite reinforcement as innovation-oriented tool for socio-economic development of the building complex. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo otkrytogo universiteta. Tekhnika i tekhnologiya*. 2012. No. 2 (8), pp. 59–63. (In Russian).
4. Abashidze G.S., Marquis F.D.S., Chikhradze N.M. Basalt reinforced plastics: Some operating properties. *Materials Science Forum*. 2007. Vol. 561-565, pp. 671–674.
5. ACI 440.1R-06 Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars. American Concrete Institute, 2006. 44 p.

2014

СтройЭКСПО. ЖКХ

37 Всероссийская специализированная выставка

СТРОИТЕЛЬСТВО

- Новые технологии в строительстве • Быстровозводимые здания и сооружения
- Металлоконструкции • Строительные и отделочные материалы
- Кровля. Фасады. Изоляция • Окна. Двери. Ворота
- Строительное и промышленное оборудование

СИСТЕМЫ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

- Системы очистки воды, водоочистители • Канализационные системы и оборудование
- Системы вентиляции и кондиционирования • Системы водоснабжения и отопления
- Котельное оборудование. Насосы • Трубы. Запорная и регулирующая арматура

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЛИЩНЫМ ФОНДОМ

- Реконструкция, ремонт и содержание объектов жилфонда
- Локальный ремонт труб и трубных конструкций
- Материалы и оборудование для диагностики и санации
- Новые формы управления ЖКХ
- Коммунальные машины и механизмы для ЖКХ

Официальная поддержка:

Министерство строительства Волгоградской области
Министерство жилищно-коммунального хозяйства и топливно-энергетического комплекса Волгоградской области
Министерство транспорта и дорожного хозяйства Волгоградской области
Администрация Волгограда
НП «Гильдия управляющих и девелоперов», С.-Петербург
ОАО «Корпорация развития Волгоградской области»
НП «Совет директоров предприятий и организаций Волгоградской области»



ВСЁ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОГО РЕМОНТА И НАДЕЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА!

Организатор



(8442) 55-13-15
www.volgogradexpo.ru

24-26

СЕНТЯБРЯ

ВОЛГОГРАД
ЭКСПОЦЕНТР

Генеральный информационный спонсор 