

Тепловые параметры стеклопакетов

к.т.н. А.Г. Чесноков, С.А. Чесноков (ОАО "ГИС", МИФИ, Москва, Россия)

В настоящее время выбор на рынке остекления России весьма широк. Потребитель имеет возможность выбирать из широчайшего спектра предложений. Среди них имеются как стеклопакеты традиционных конструкций, так и стеклопакеты, выполненные с использованием самых передовых материалов и технологий. В последнее время качество продукции из стекла, производимой в России, в первую очередь остекления, сильно выросло и приблизилось к мировым стандартам. Расширяется использование энергоэффективных видов остекления, потребители ужесточают требования к техническим характеристикам применяемых материалов и продуктов.

В борьбе за потребителя производители обращают его внимание не только на цену своей продукции, но и, все чаще, на практически важные характеристики стеклопакетов и выполненных с их использованием оконных конструкций. При этом производитель или поставщик часто приводит сведения о долговечности, оптических, звукоизолирующих или тепловых свойствах своего товара.

Мы не будем в этой статье рассматривать случаев, когда эти данные выдуманы или сфальсифицированы. Как и не станем пытаться учить наших читателей отличать добросовестного поставщика от недобросовестного. У нас другая цель – попытаться выяснить, насколько приводимые сведения, полученные тем или иным способом, соответствуют реальным характеристикам, который данный образец покажет при реальной эксплуатации. Причем мы ограничимся рассмотрением ситуации с тепловыми свойствами стеклопакетов.

Очень часто потребители, сравнивая характеристики различных стеклопакетов, ориентируются на цифры, приведенные в рекламных материалах, не задумываясь об их истинном смысле. Поэтому часто делается вывод, что стеклопакеты, сделанные в Европейских странах, лучше сохраняют тепло. Рассмотрим эту ситуацию подробнее. На практике, производитель может указать величину сопротивления теплопередаче основываясь на:

- расчетах в соответствии с европейскими (CEN) или международными (ISO) стандартами;
- испытаниях по европейским или международным стандартам;
- испытаниях по российским стандартам.

Характерно, что при применении этих способов будут получены разные результаты, которые еще и будут зависеть от того, какие условия были заданы при расчете или измерении. Например, для целей сравнения международный стандарт ISO 10292:1994 рекомендует проводить расчет исходя из того, что перепад температур между внешней и внутренней поверхностями стеклопакета равен 15 °С и средняя температура равна 10 °С. Очевидно, что, взяв такие условия, можно сравнить показатели с данными европейских производителей, но такой расчет не будет характеризовать поведение стеклопакета в условиях обычной российской зимы, когда перепад температур между улицей и помещением может составлять 40 °С и более.

Важно отметить несколько важных обстоятельств:

1. Европейские и международные стандарты регламентируют методы измерений и расчетов коэффициента теплопередачи, а Российские стандарты - сопротивления теплопередаче, которые связаны между собой, но это - не одно и то же.

2. В международных и Российских стандартах заданы различные условия проведения измерений, что приводит к разным результатам.

3. Условия проведения испытаний и расчетов заданы в стандартах для того, чтобы обеспечить воспроизводимость их результатов и обеспечить возможность сравнения параметров стеклопакетов между собой, а не для того, чтобы распространить их результаты на любые условия эксплуатации.

Авторами создана программная система, в которой за основу взяты приведенные в стандартах ISO и CEN методики расчетов, позволяющая производить расчеты тепловых и оптических свойств остекления на основании свойств входящих в его конструкцию элементов. Расчет можно проводить в широком диапазоне условий, которые включают температуру на улице и в помещении, силу ветра, положение стеклопакета в пространстве (вертикальное, горизонтальное, наклонное, но в дальнейшем здесь мы считаем пакет вертикально расположенным), свойства стекол и газов, заполняющих межстекольные промежутки, и другие параметры. Подробнее об этой системе можно прочитать в статьях, указанных в списке литературы.

Нами проведен ряд численных расчетов с целью продемонстрировать, что при выборе остекления необходимо основываться на данных, полученных с учетом климатических условий предполагаемого региона эксплуатации. Только такие данные могут гарантировать, что остекление будет успешно выполнять все декларируемые функции в данном регионе.

Рисунки 1 и 2 показывают, как меняется расчетное сопротивление теплопередаче R и коэффициент теплопереноса U различных стеклопакетов в зависимости от температуры на улице при неизменной температуре в помещении, составляющей 20 °С. Хорошо заметно, что у пакетов, заполненных инертными газами, сопротивление теплопередаче при низких температурах существенно отличается в худшую сторону от получающегося при расчетах или испытаниях по европейским нормам.

На графиках приняты следующие обозначения:

T - температура наружного воздуха в °С;

U - коэффициент теплопередачи в Вт/(м²К);

$R=1/U$ - сопротивление теплопередаче в м²К/Вт;

F4 - листовое термополированное («флоат») стекло толщиной 4 мм;

K4 - полированное стекло с твердым низкоэмиссионным покрытием, толщина стекла - 4 мм;

S4 - полированное стекло с мягким низкоэмиссионным покрытием, толщина стекла - 4 мм;

Air16 – межстекольное пространство толщиной 16 мм, заполненное осушенным воздухом;

Argon16 - межстекольное пространство толщиной 16 мм, заполненное аргоном, который часто используется для повышения теплосберегающих свойств остекления;

Krypton16 - межстекольное пространство толщиной 16 мм, заполненное криптоном, который позволяет дополнительно улучшить теплосберегающие свойства остекления, но стоит намного дороже аргона.

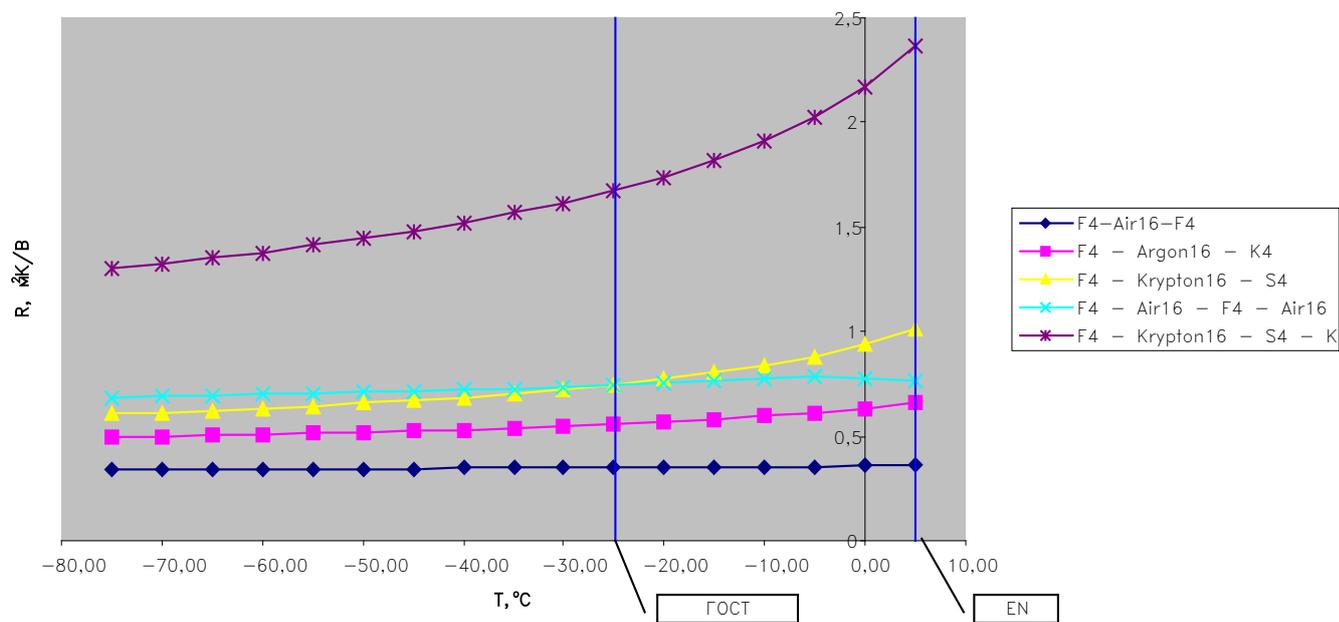
Зависимость $R=1/U$ от уличной тем

Рисунок 1.

Зависимость U от уличной темпе

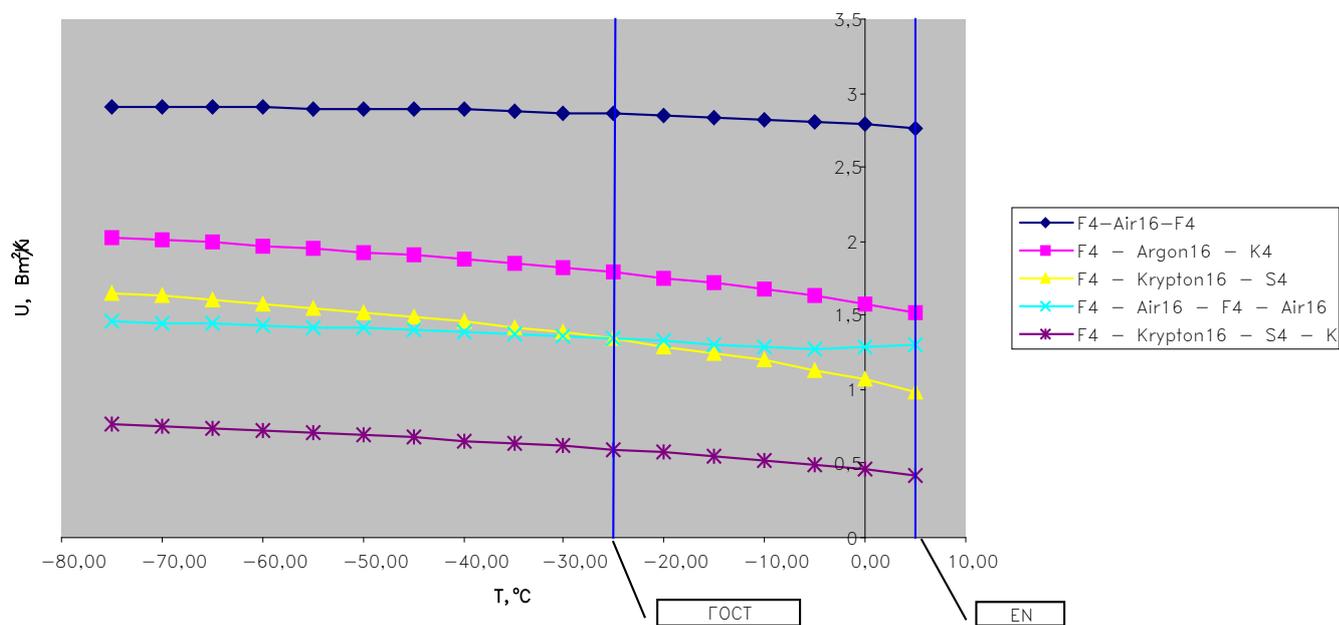


Рисунок 2.

На рисунке 3 показаны графики зависимости от температуры на улице так называемого коэффициента эффективности, который характеризует качество стеклопакета в смысле сочетания оптических и тепловых свойств.

Зависимость К от уличной темпе

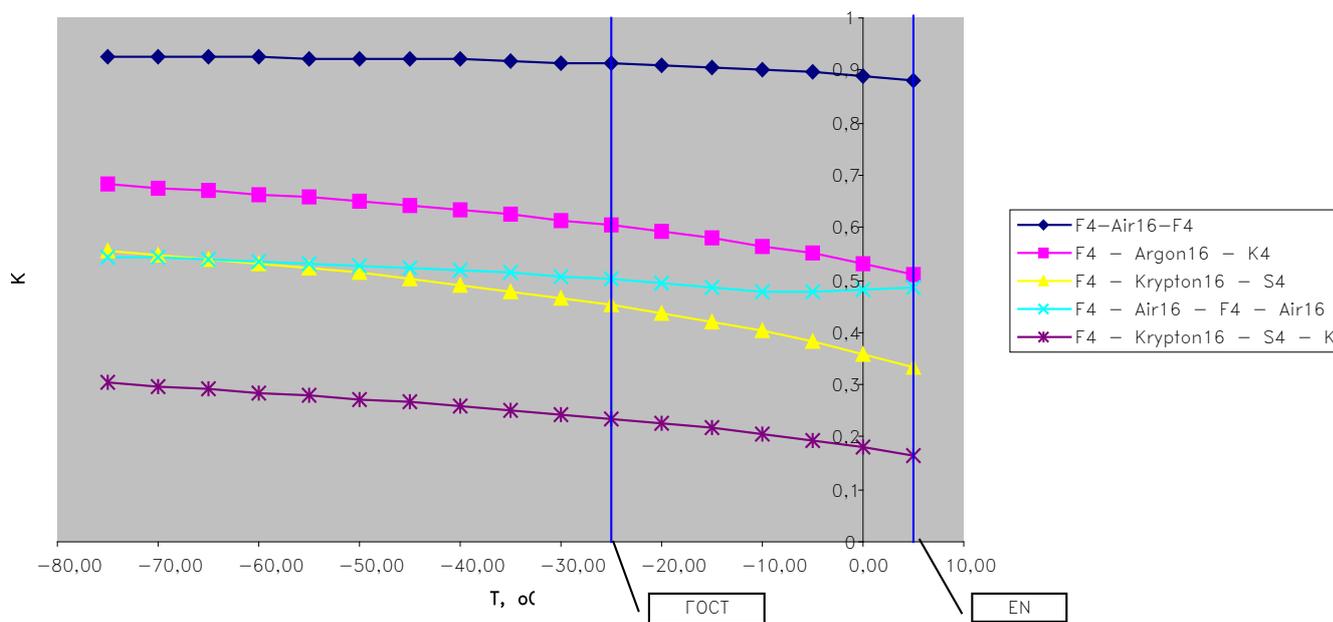


Рисунок 3.

Реальные потери тепла через окно зависят также от скорости ветра. На рисунках 4, 5 и 6 приведены графики U , R и K в зависимости от силы ветра v в м/с при температуре на улице равной -15 °C (температура в помещении по-прежнему равна 20 °C).

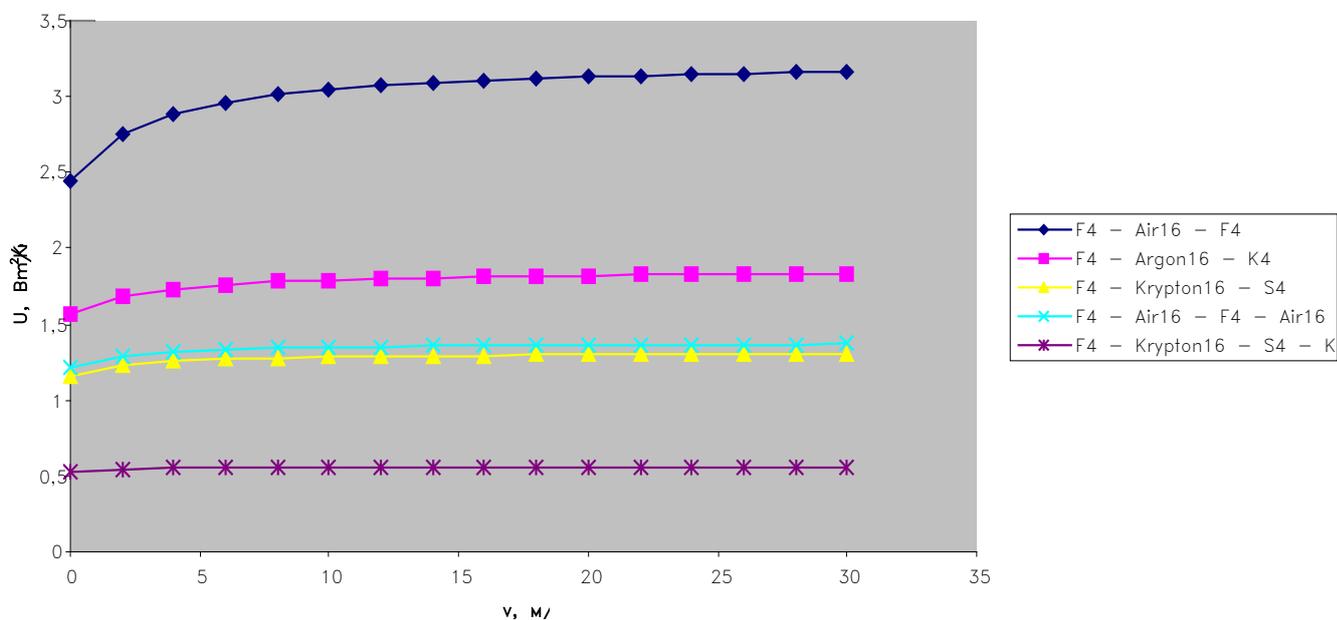
Зависимость U от силы

Рисунок 4.

Зависимость R от силы в

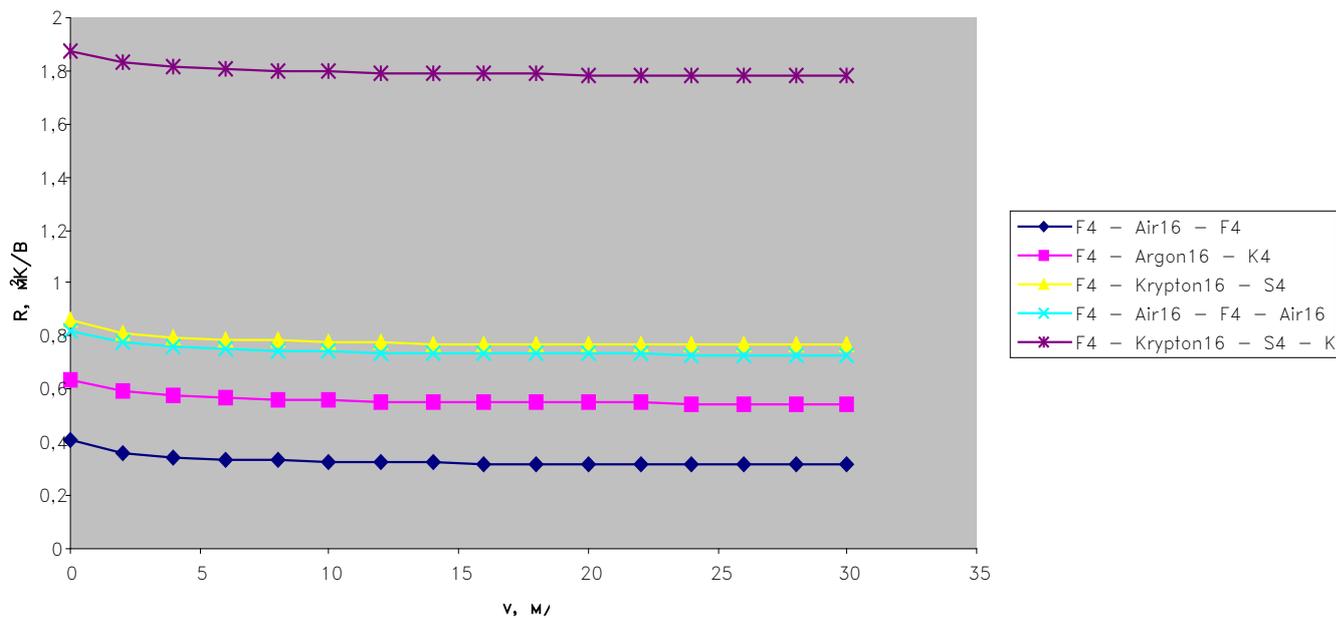


Рисунок 5.

Зависимость K от силы в

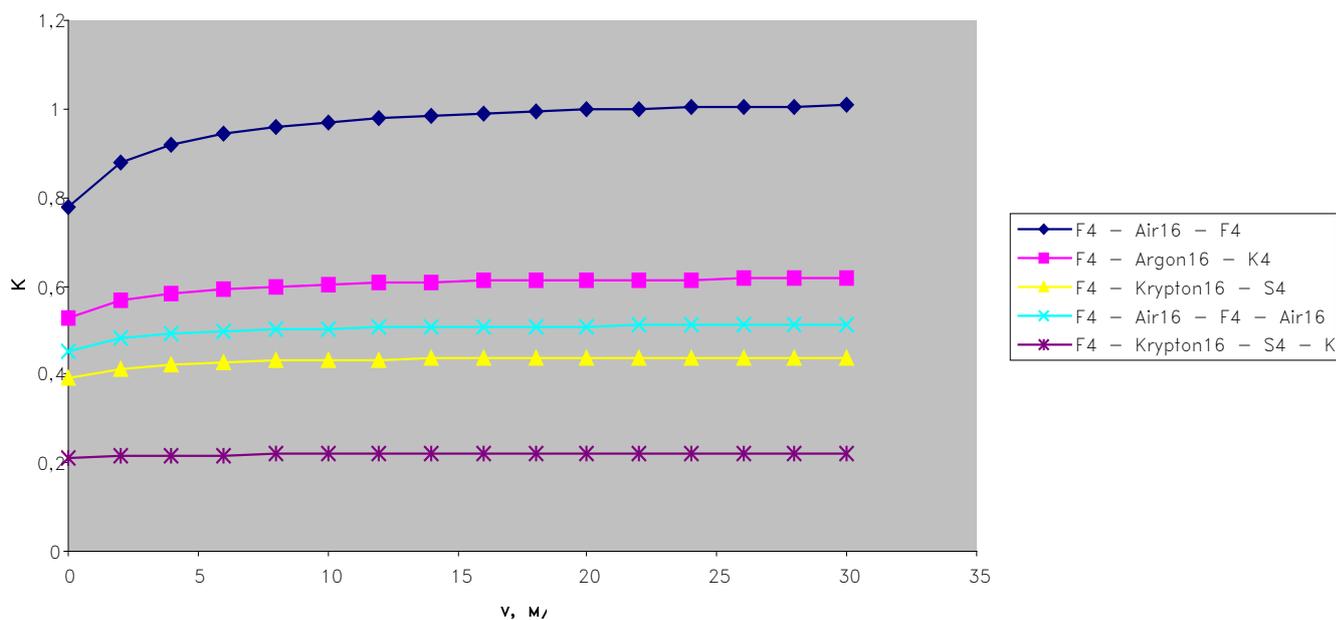


Рисунок 6.

Приведенные графики показывают, что при проектировании остекления зданий и сооружений необходимо руководствоваться не измеренным в стандартных условиях сопротивлением теплопередаче или данными рекламных проспектов, а расчетными или экспериментальными значениями сопротивления теплопередаче, полученными для наихудших условий данного региона. В противном случае возможно несоответствие остекления требованиям региональных норм и перерасход (по сравнению с планируемым) топливно-энергетических ресурсов на отопление или невыполнение санитарно-гигиенических требований в помещениях (температура в помещении может быть ниже требуемой из-за утечки тепла). Из этих графиков также видно, что данные Европейских производителей всегда завышены по

сравнению с Российскими, причем на разную величину (в основном, чем лучше стеклопакет, тем больше они завышены).

Список литературы

- [1] ISO 9050:1990 "Glass in building - Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance and ultraviolet transmittance, and related glazing factors";
- [2] ISO 10292:1994 "Glass in building - Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing";
- [3] prEN 673 "Thermal insulation of glazing - Calculation rules for determining the steady state "U" value (thermal transmittance) of glazing";
- [4] prEN 410 "Glass in building - determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance and ultraviolet transmittance, and related glazing characteristics";
- [5] prEN 13474 "Glass in building - Design of glass panes";
- [6] ГОСТ 26302-93 "Стекло. Методы определения коэффициентов направленного пропускания и отражения света";
- [7] ГОСТ 26602.1-99 "Блоки оконные и дверные. Методы определения сопротивления теплопередаче";
- [8] ГОСТ 24866-99 «Стеклопакеты клееные строительного назначения. Технические условия»;
- [9] СНиП II-3-79 "Строительная теплотехника";
- [10] СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика;
- [11] СН 481-75 "Инструкция по проектированию, монтажу и эксплуатации стеклопакетов";
- [12] МГСН 2.01-94 "Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению";
- [13] СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение";
- [14] Tchesnokov A.G., Tchesnokov S.A. "Particularities of using energy-efficient glazing in Russia", GPD'99 Proceedings. – Tampere, Finland, 1999, p. 158-161
- [15] Чесноков А.Г., Чесноков С.А. "Анализ оптических и тепловых характеристик вариантов остекления" - "Окна и двери", № 5, 1997 г., с. 10-13
- [16] Tchesnokov A.G., Tchesnokov S.A. "Mathematical Modelling of IGU's Operational Parameters" - In: "Glass Processing Days. Conference Proceedings 18 to 21 June 2001", Tampere, Finland, p. 657-659
- [17] Чесноков А.Г., Чесноков С.А. "Математическое моделирование эксплуатационных параметров стеклопакетов" - Светопрозрачные конструкции, № 4 (17), 2001 г., с. 52-53