

КАУНАССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ОДЕЖДЫ И ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Отчет
научно-исследовательской работы
**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ**

Научный руководитель
проф. габил. доктор тех. наук
И. Люкайтис

Исполнители:

доц. докт. тех. наук
Р. Баркаускас

проф. габил. доктор тех. наук
И. Люкайтис

Подписи И. Люкайтиса и
Р. Баркаускаса заверяю:

Декан факультета Дизайна и технологии
КТУ доц. докт. тех. наук С. Станис

Техническое задание

1. Определить физико-механические свойства труб (\varnothing 16 мм), изготовленных из хлорированного поливинилхлорида (CPVC) подвергнув образцы труб следующим испытаниям:
 - 1.1. на срез;
 - 1.2. на изгиб;
 - 1.3. на сжатие;
 - 1.4. на стойкость к ударным нагрузкам;
 - 1.5. прочности сварных соединений;
 - 1.6. дифференциальному термическому анализу.
2. Описать методики испытаний и статистической обработки данных экспериментов.
3. Представить обобщение и выводы работы.
4. Представить отчет в 3-х экземплярах.
5. Основные результаты работы доложить специалистам ЗАО "Дурупис" и представительству «Genova East Europe».

Для выполнения работы предоставлено необходимое количество труб (\varnothing 16мм) следующего ассортимента, поставляемого в Литву следующими производителями, поставщиками:

1) $\frac{1}{2}$ " CTS GENOVA CPV 4120 H TEMP 100 PSI @ 180⁰ F-690 KPa @ 82⁰C POTABLE [ASTM D-2846 NSF-pw] SA" 81376 SDR-11 HOT-N-COLD 50005 107 991IM 203 * BAR CODE#0•38561 - 50005.9*условно названная "Белая", производитель "GENOVA PRODUCT", поставщик ЗАО "DURUPIS";

2) $\frac{1}{2}$ " NIBCO® GREENLINE CPVC 4120 HC-SDR 11*100 PSI (0,7 MPa) WATER AT, 180⁰F (82⁰ C) ASTM D2846 19-01-02 99.02.20 1428, условно названная "Зеленая", производитель "NIBCO", поставщик ЗАО "DAGSTA";

3) $\frac{1}{2}$ " NIBCO® FLOW GUARD® GOLD CPVC HC 4120 HC-SDR 11*100 PSI (0,7 MPa) WATER AT 180⁰ F (82⁰C) NSF-pw ASTM D2846 19-01-02 99. 09. 08 1418, условно названная "Золотистая", производитель "NIBCO", поставщик ЗАО "DAGSTA";

4) $\frac{1}{2}$ " CTS Genova Uncopper® PROCPVC4120-HC-100 PSI @ 180⁰ F-690KPa @ 82⁰C POTABLE-HC-ASTMD-2846 NSF-pw SDR-11HOT-N-COLD-HC-51052P I 34298M203N*BAR CODE# 0-38561-01962•9*, условно названная "Коричневая", производитель "GENOVA PRODUCT", поставщик ЗАО "DURUPIS";

5) HARVEL $\frac{1}{2}$ " CTS CPVC4120 SDR-11 100PSI 180°F ASTM 2846

NSF-pw 081399 12:07 5B GG POTABLE WATER MFG-USA, условно названная "Желтая", производитель "HARVEL", поставщик ЗАО "BAUSERVICE".

Дополнительные материалы: очиститель и клей Genova NOVA CLEAN.

Содержание

1. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	5
2. МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	6
2.1. Испытание труб на срез.....	6
2.2. Испытание труб на изгиб.....	6
2.3. Испытание труб на сжатие.....	6
2.4. Испытание труб на стойкость к ударным нагрузкам.....	7
2.5. Исследование влияния слоя клея на свойства труб.....	7
2.6. Испытание сварных соединений труб.....	10
2.7. Дифференциальный термический анализ материала труб...	10
2.8. Методика статистической обработки результатов эксперимента.....	10
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	11
4. ВЫВОДЫ.....	21
5. ОБОБЩЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	22

1. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследовались CPVC трубы:

- 1) $\frac{1}{2}$ " CTS GENOVA CPV 4120 H TEMP 100 PSI @ 180° F-690 KPa @ 82°C POTABLE [ASTM D-2846 NSF-pw] SA" 81376 SDR-11 HOT-N-COLD 50005 107 991IM 203 * BAR CODE#0•38561 - 50005-9*условно названная "Белая", производитель "GENOVA PRODUCT", поставщик ЗАО "DURUPIS";
- 2) $\frac{1}{2}$ " NIBCO® GREENLINE CPVC 4120 HC-SDR 11*100 PSI (0,7 MPa) WATER AT, 180°F (82° C) ASTM D2846 19-01-02 99.02.20 1428, условно названная "Зеленая", производитель "NIBCO", поставщик ЗАО "DAGSTA";
- 3) $\frac{1}{2}$ " NIBCO® FLOW GUARD® GOLD CPVC HC 4120 HC-SDR 11*100 PSI (0,7 MPa) WATER AT 180° F (82°C) NSF-pw ASTM D2846 19-01-02 99. 09. 08 1418, условно названная "Золотистая", производитель "NIBCO", поставщик ЗАО "DAGSTA";
- 4) $\frac{1}{2}$ " CTS Genova Uncopper® PROCPVC4120-HC-100 PSI @ 180° F-690KPa @ 82°C POTABLE-HC-ASTMD-2846 NSF-pw SDR-11HOT-N-COLD-HC-51052P I 34298M203N*BAR CODE# 0-38561-01962•9*, условно названная "Коричневая", производитель "GENOVA PRODUCT", поставщик ЗАО "DURUPIS";
- 5) HARVEL $\frac{1}{2}$ " CTS CPVC4120 SDR-11 100PSI 180°F ASTM 2846 NSF-pw 081399 12:07 5B GG POTABLE WATER MFG-USA, условно названная "Желтая", производитель "HARVEL", поставщик ЗАО "BAUSERVICE".

2. МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Испытание труб на срез

Опыты проводились динамометром FP-10/1 с использованием реверсивного устройства. Экспериментально установлено, что ручными ножницами за 2 секунды человек прорезает 6-7 мм пластиковой трубы. Таким образом, скорость резки составляет 180-210 мм/мин. На основе этих опытов для испытания образцов труб на срез, сжатие и изгиб выбрана скорость деформирования 200 мм/мин.

Для испытания труб на срез применялась специальное устройство, схема которого показана на рис. 1. Образец 1, установленный в цилиндрическое отверстие диаметром $16^{+0,1}$ мм, при перемещении ползуна 2 срезался в двух плоскостях AA и BB. Сила срезания записывалась на диаграммной ленте записывающего силоизмерительного устройства динамометра. Разрушающие напряжения среза τ определялись по формуле:

$$\tau = \frac{P}{2F}, \quad (1)$$

где P - сила срезания; F - срезаемая площадь пластиковой трубы ($88 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$).

Средние значения прочности определялись из 6 опытов, а доверительный интервал устанавливали при вероятности 0,95.

2.2. Испытание труб на изгиб

Испытания проводили с использованием стандартного устройства (см. рис.2). Деформацию трубы 1 установленной на опоры 2 проводили роликом 3 ($\varnothing 40$ мм) с эластичным резиновым покрытием до сгиба ее под углом 90° . Расстояние между опорами 2 выбрано 150 мм. Изменение изгибающей силы записывалось на диаграммную ленту динамометра. Максимальную силу, возникающую при изгибе образца, использовали для определения изгибающих напряжений:

$$\sigma_u = \frac{Q \cdot L}{4W}, \quad (2)$$

где Q - максимальная сила изгиба; L - расстояние между опорами ($L = 0,15$ м); W - момент сопротивления сечения трубы ($W = 0,232 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$). Из начальной части диаграммы силы изгиба также определяли коэффициент жесткости трубы (в кН/м), который по своему смыслу указывает на силу вызывающую прогиб равный единице.

Характеристики испытания на изгиб рассчитывали по результатам 6 опытов.

2.3. Испытание труб на сжатие

Для испытаний использовались образцы труб длиной 10 мм. Сжатие выполнялось стандартным устройством с записью диаграммы силы сжатия (см. рис.3). Образцы сжимались до полного соприкосновения внутренних стенок (до 4 мм). Во время сжатия сила изменялась по графику, показанному на рис. 3 с, который записывали на диаграммную ленту динамометра. Как видно из графика, сжимаемое кольцо сопротивляется как эластичное тело до достижения определенного значения силы сжатия $P_{кр}$ (критической силы) - на графике это соответствует точке излома кривой.

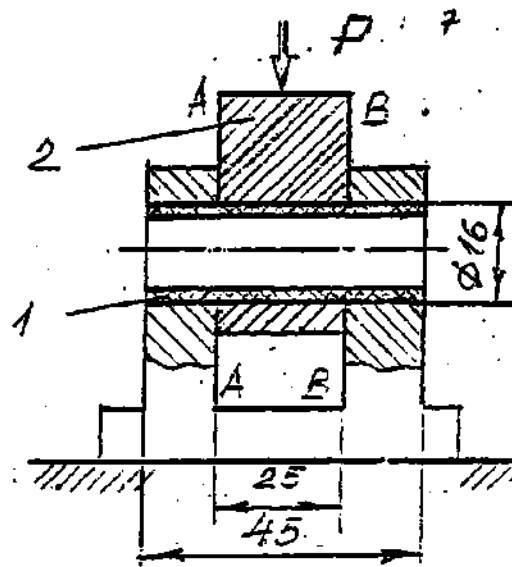


Рис. 1. Устройство для испытания труб на срез

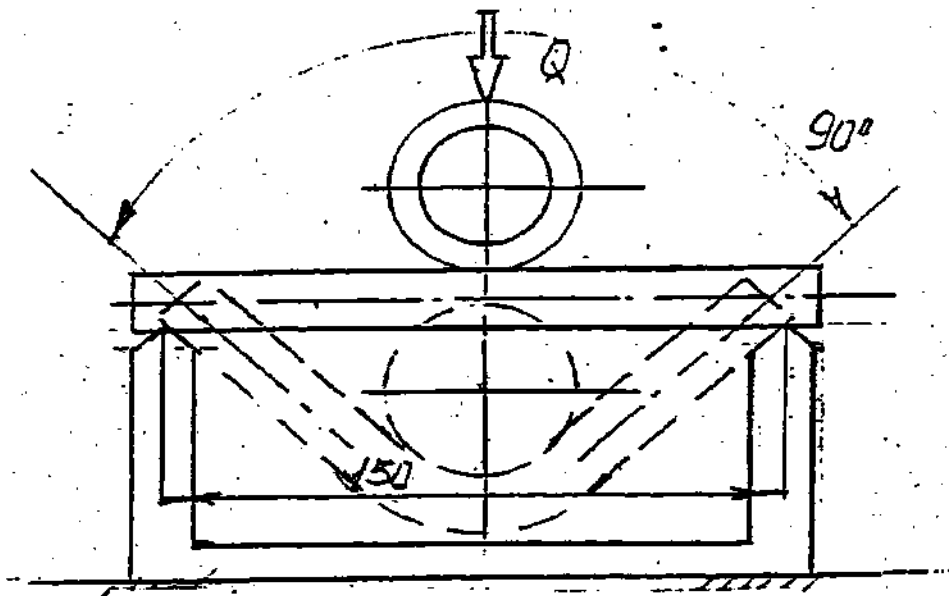


Рис. 2. Устройство для испытания труб на изгиб



Рис. 3. Схемы испытания образцов труб на сжатие: а - исходное положение элементов опыта; в - конечное положение элементов опыта; с - график изменения силы сжатия; d - образец пластиковой трубы после испытания; Т - место возможного появления трещин

Далее сила сопротивления образца сжатию меняется не так интенсивно, кольцеобразный образец теряет устойчивость и сплющивается.

Значение критической силы $P_{кр}$ определяет прочность образца при радиальном сжатии. Кроме того, этот эксперимент позволяет определить и стойкость труб к возникновению трещин, возникающих вследствие такой деформации. Вероятность появления трещин P_T рассчитывалась по следующей формуле:

$$P_T = \frac{n_T}{4n}, \quad (3)$$

здесь n - количество испытанных образцов; n_T - суммарное количество трещин, возникших в образцах опыта (см. рис. 3, d). Результаты испытания на сжатие определялись не менее чем из 6 образцов.

2.4. Испытание труб на стойкость к ударным нагрузкам

Стойкость к ударным нагрузкам определялась воздействием образцов ударом, интенсивность которого составляла 333 Дж/м. Это значение интенсивности было установлено экспериментальным путем многими опытами с целью определения такого значения ее, при котором образцы разных труб вели себя по-разному: либо разрушались, либо деформировались. Для эксперимента применяли образцы длиной $l=45$ мм, которые подвергались воздействию удара с энергией 15 Дж. Энергию удара W рассчитывали так:

$$W = m \cdot g \cdot h, \quad (4)$$

здесь m - масса падающего ударника, кг;

g - ускорение силы тяжести, $9,81 \text{ м/сек}^2 \approx 10 \text{ м/сек}^2$;

h - путь, пройденный ударником (высота падения), м.

В нашем случае $m=30$ кг; $h=0,05$ м.

Таким образом $W=30 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/сек}^2 \cdot 0,05 \text{ м} = 15 \text{ Дж}$.

Схема опыта представлена на рисунке 4. Величину энергии удара можно изменять изменением хода ударника h . Интенсивность энергии удара - это энергия удара, приходящая на единицу длины образца. Для нашего случая:

$$\omega = \frac{W}{l} = \frac{15 \text{ Дж}}{0,045 \text{ м}} = 333 \frac{\text{Дж}}{\text{м}}. \quad (4a)$$

Одновременно эти испытания позволили устанавливать два дополнительных показателя: вероятность появления трещин (см. раздел 2.3) и вероятность хрупкого разрушения. Последняя величина рассчитывалась не менее чем из 8 испытаний по формуле:

$$P_X = \frac{n_X}{n}, \quad (5)$$

здесь n_X - количество во хрупко разрушенных образцов;

n - общее количество образцов опыта.

2.5. Исследование влияния слоя клея на свойства труб

Слой клея на поверхности труб наносился по требованиям инструкции "Genova System": сначала поверхность обрабатывается очистителем, а после этого специальным тампоном на нее наносится равномерный слой клея. Механические испытания образцов проводили через 2 часа после нанесения клея.

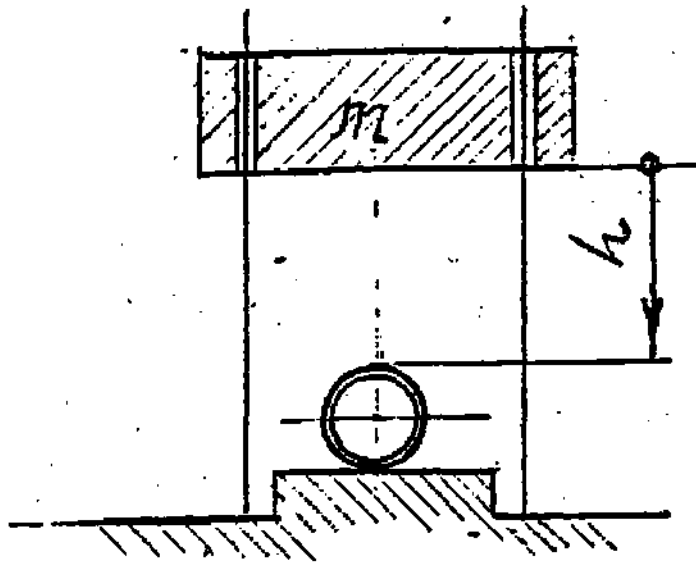


Рис. 4. Схема испытания образцов на стойкость к удару



Рис. 5. Схема испытания сварного соединения

2.6. Испытание сварных соединений труб

Испытывались сварные соединения, эскиз которых показан на рисунке 5. Трубу и фитинг сваривали в соответствии с указаниями монтажной инструкции "Genova Sistem". Результаты испытаний представлены в приложении 5. Прочность сварных соединений определялась растягивающей силой, разрушающей соединение.

2.7. Дифференциальный термический анализ материала труб

Для дифференциального термического анализа материала труб использовался дериватограф Q-150D системы "F.Paulik, I.Paulik и L-Erdey".

2.8. Методика статистической обработки результатов эксперимента

Результаты экспериментов обрабатывались статистически, определялись ниже указанные основные показатели.

1. Среднее арифметическое значение:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (6)$$

здесь x_i - значение показателя i - ого образца,
 n - количество образцов.

2. Среднеквадратическое отклонение:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}. \quad (7)$$

3. Погрешность измерения:

$$\Delta = t_{\beta} \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (8)$$

здесь t_{β} - критерий Стьюдента, зависящий от доверительной вероятности (чаще всего 0,95) и от числа n , определяемый по таблицам (например: $t_{\beta}=2,571$ при $n=6$ и $t_{\beta}=2,365$ при $n=8$).

4. Доверительный интервал среднего значения:

$$I = \bar{X} \pm \Delta. \quad (9)$$

5. Относительная погрешность результата измерения:

$$\delta = \frac{\Delta}{\bar{X}} 100, \%. \quad (10)$$

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Пластиковые трубы могут подвергаться воздействию холода, например, при их перевозке в зимнее время. Это обстоятельство вызывает необходимость изучить механические свойства пластиковых труб в течение охлаждения и в течение последующего разогрева их при комнатной температуре.

Образцы труб охлаждались в холодильной камере, в которой средняя температура составляла $-17\pm 3^{\circ}\text{C}$.

Влияние температурного поля во времени на значения критической силы сжатия показано на рис. 6. Результаты, представленные на рисунке позволяют утверждать, что наибольшей жесткостью и прочностью обладают "Коричневые" пластиковые трубы, а наименьшей - "Золотистые". Эти показатели не являются существенными в эксплуатационных условиях, однако они позволяют утверждать, что "Коричневые" трубы являются наиболее стойкими к случайным радиальным нагрузкам и при их возникновении они лучше других сохраняют форму, проявят стойкость к остаточным деформациям.

Важным свойством пластиковой трубы является сохранение эластичности после воздействия на нее холода, это исключает возможность возникновения трещин на поверхностях при воздействии случайных внешних нагрузок. Такие трещины могут быть скрытыми дефектами, которые являются очагами последующего разрушения - возникновения щелей, или нарушения сплошности элемента или системы. Кинетические кривые вероятности возникновения трещины для различных труб представлены на рис. 7.

Представленные результаты показывают, что наименьшую стойкость к возникновению трещин проявили "Зеленые" пластиковые трубы. Показатели испытаний труб на сжатие представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты испытаний на сжатие

Условное название изделия показатель	При ком.тем (19°C)	После охлаждения при -17°C			После разогрева при комнатной температуре, $+19^{\circ}\text{C}$		
		0,5часа	1час	>24часов	0,5часа	1час	>24часов
"Белая" $R_{кр}, H$	$316,7\pm 24,0$	$318,7\pm 8,4$	$396,0\pm 14,4$	$406,7\pm 24,0$	$361,7\pm 16,0$	$340,0\pm 16,0$	-
Вероятность возникновения трещины p_T	0,29	0,60	0,625	0,71	0,38	0,33	
"Желтая" $R_{кр}, H$	$336,7\pm 16,0$	$386,7\pm 16$	$378,7\pm 19,2$	$400,0\pm 25,6$	$338,7\pm 16,0$	$322,7\pm 16,0$	$326,0\pm 8,0$
p_T	0,25	0,67	0,92	0,92	0,79	0,33	0,33
"Золотистая" $R_{кр}, H$	$263,0\pm 8,0$	$320,0\pm 10,0$	$340,0\pm 16,0$	$348,0\pm 16,0$	$308,0\pm 16,0$	$270,0\pm 8,0$	-
p_T	0,27	0,87	0,92	0,92	0,54	0,21	
"Коричневая" $R_{кр}, H$	$376,0\pm 32,0$	$390,0\pm 24,0$	$444,0\pm 32,0$	$439,3\pm 11,2$	$370,0\pm 8,0$	$355,4\pm 16,5$	$343,0\pm 8,0$
p_T	0,21	0,87	1	1	0,67	0,5	0,33
"Зеленая" $R_{кр}, H$	$293,0\pm 32,0$	$325,3\pm 3,2$		$373,3\pm 16,0$	$329,3\pm 30,9$	$314,5\pm 10,4$	$300,0\pm 16,0$
p_T	0,50	1	1	1	1	0,63	0,67

На рис.8 представлены кривые изменения прочности на изгиб охлажденных до -17°C труб во времени разогрева их при комнатной ($+19^{\circ}\text{C}$) температуре.

Как видно из представленных на рисунке графиков, наибольшей прочностью при изгибе обладают "Коричневые" трубы. Это означает, что они в зоне изгиба наиболее формоустойчивые. Наименьшую прочность на изгиб проявили "Золотистые" трубы, а остальные имеют близкие по своему значению коэффициенты жесткости. Таким образом "Золотистые" трубы легче других деформировать изгибом (изгибать), но одновременно, при этом они проявляют наибольшую склонность к остаточным деформациям. Результаты испытания на изгиб приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты испытаний на изгиб

Условное название изделия, показатель	При комнатной ($+19^{\circ}\text{C}$) температуре	После длительного охлаждения ($>24\text{h}$) -17°C	После разогрева при комнатной температура ($19\pm 2^{\circ}\text{C}$)	
			0,5 часа	1,0 час
"Белая" $\sigma_{\text{кр}}$, МПа с, кН/м	$113,3\pm 1,7$ $53,0\pm 9,6$	$142,0\pm 6,7$ $57,9\pm 2,2$	$122,3\pm 2,6$ $56,4\pm 3,4$	$117,7\pm 2,6$ $50,0\pm 5,4$
"Желтая" $\sigma_{\text{кр}}$, МПа с, кН/м	$116,0\pm 8,4$ $48,8\pm 1,6$	$143,6\pm 5,7$ $62,8\pm 5,7$	$124,4\pm 4,9$ $53,3\pm 2,0$	$115,8\pm 3,2$ $47,5\pm 1,8$
"Золотистая" $\sigma_{\text{кр}}$, МПа с, кН/м	$103,4\pm 3,4$ $49,6\pm 2,7$	$125,1\pm 3,3$ $53,8\pm 1,5$	$105,4\pm 4,9$ $45,8\pm 2,3$	$102,8\pm 0,8$ $44,3\pm 4,4$
"Коричневая" $\sigma_{\text{кр}}$, МПа с, кН/м	$127,8\pm 14,5$ $52,8\pm 9,5$	$150,4\pm 8,2$ $59,9\pm 4,5$	$125,7\pm 5,6$ $52,6\pm 5,6$	$122,2\pm 4,1$ $53,5\pm 7,8$
"Зеленая" $\sigma_{\text{кр}}$, МПа с, кН/м	$111,4\pm 3,4$ $50,8\pm 6,8$	$134,2\pm 4,4$ $58,4\pm 5,4$	$114,9\pm 3,9$ $51,4\pm 1,8$	$108,0\pm 4,2$ $48,8\pm 10,8$

Испытания на стойкость к ударным нагрузкам показали, что охлажденные до -17°C все исследуемые образцы труб от ударной нагрузки разрушаются хрупко (см. рис.10). Для большинства труб последующий после охлаждения одночасовой разогрев при комнатной температуре приводит к уменьшению вероятности хрупкого разрушения до значений практически равных или близких к нулю. Однако, "Зеленые" трубы в любом температурном диапазоне всегда от удара разрушались хрупко, вероятность такого разрушения всегда была равна единице. Таким образом "Зеленые" пластиковые трубы обладают исключительной хрупкостью, и поэтому применять их для ответственных систем водоснабжения не рекомендуется.

Эти заключения подтверждают и экспериментальные данные, представленные на рис. 11. Здесь представлены кривые изменения вероятности возникновения трещин во времени разогрева труб при комнатной температуре. Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что наихудшими свойствами и в этом случае отличаются "Зеленые" трубы.

Механические свойства изучаемых пластиковых труб несомненно определяются составом смеси пластика и строением структуры его. Для объяснения некоторых свойств труб был проведен дифференциальный термический анализ материала труб. Одна из характеристик этого анализа - термогравиметрическая кривая показала, что в структуре материала "Зеленой" пластиковой трубы содержится 6,19 % воды, большое количество ее (5,88 %) содержится и в материале "Белой" трубы. Эта абсорбированная влага, по всей вероятности, появилась в процессе подготовки смеси пластика при использовании для ее некачественно высушенного наполнителя. Эти остатки влаги не только ухудшают механические свойства изделия, но также могут

оказывать влияние на процессы старения и деструкции. Хорошими показателями здесь проявил себя материал "Желтой" трубы: содержания влаги в его структуре не обнаружено, материал обладает наибольшей температурой начальной деструкции и наименьшими потерями массы при 350⁰С. (см. таблицу 3, приложение 6).

Хорошие свойства материала "Желтой" трубы подтверждаются и испытанием на срез: этот материал имеет наибольшую прочность на срез из всех рассмотренных.

Таблица 3. Характеристики пластиковых труб

Пластик трубы	Количество абсорбционной влаги, %	Температура начала деструкции, °С	Потери массы при 350 ⁰ С, %	Разрушающие напряжения среза при комнатной температуре, МПа	Разрушающие напряжения среза при -17 ⁰ С, МПа	Вероятность хрупкого разрушения при комн. темпер.
"Желтой"	0	244	58,44	37,1±0,8	39,9±0,9	0
"Белой"	5,88	235	59,41	33,8±0,2	37,1±0,9	0
"Зеленой"	6,19	233	62,40	35,8±0,5	38,9±0,4	1
"Золотистой"	3,58	232	59,83	34,1±0,3	36,9±0,9	0
"Коричневой"	3,33	231	60,91	36,2±0,4	37,6±0,2	0

Влияние слоя клея нанесенного на наружную поверхность труб изучалось испытанием на сжатие (см. приложение 4). Результаты этих испытаний представлены на рис. 12 и в таблице 4. Анализ результатов показывает, что слой клея, нанесенный на поверхность пластиковой трубы, улучшает эластические свойства изделия и уменьшает вероятность возникновения трещин. Таким образом, для уменьшения вероятности появления трещин целесообразно участки больших деформаций труб, возникающие при монтаже, обработать очистителем и покрыть слоем клея.

Таблица 4. Влияние слоя клея на показатели испытания труб при сжатии

Условное название изделия, показатель	При комнатной температуре для обычных образцов	При комнатной температуре для образцов, на наружную поверхность которых нанесен слой клея
"Белая" P _{кр} , Н p _T	316,7±24,0 0,29	336,0±16,0 0
"Желтая" P _{кр} , Н p _T	336,7±16,0 0,25	354,0±22,4 0,08
"Золотистая" P _{кр} , Н p _T	263,0±8,0 0,27	281,3±17,6 0,04
"Коричневая" P _{кр} , Н p _T	376,0±32,0 0,21	368,2±16,0 0
"Зеленая" P _{кр} , Н p _T	293,0±32,0 0,50	306,7±16,0 0,29

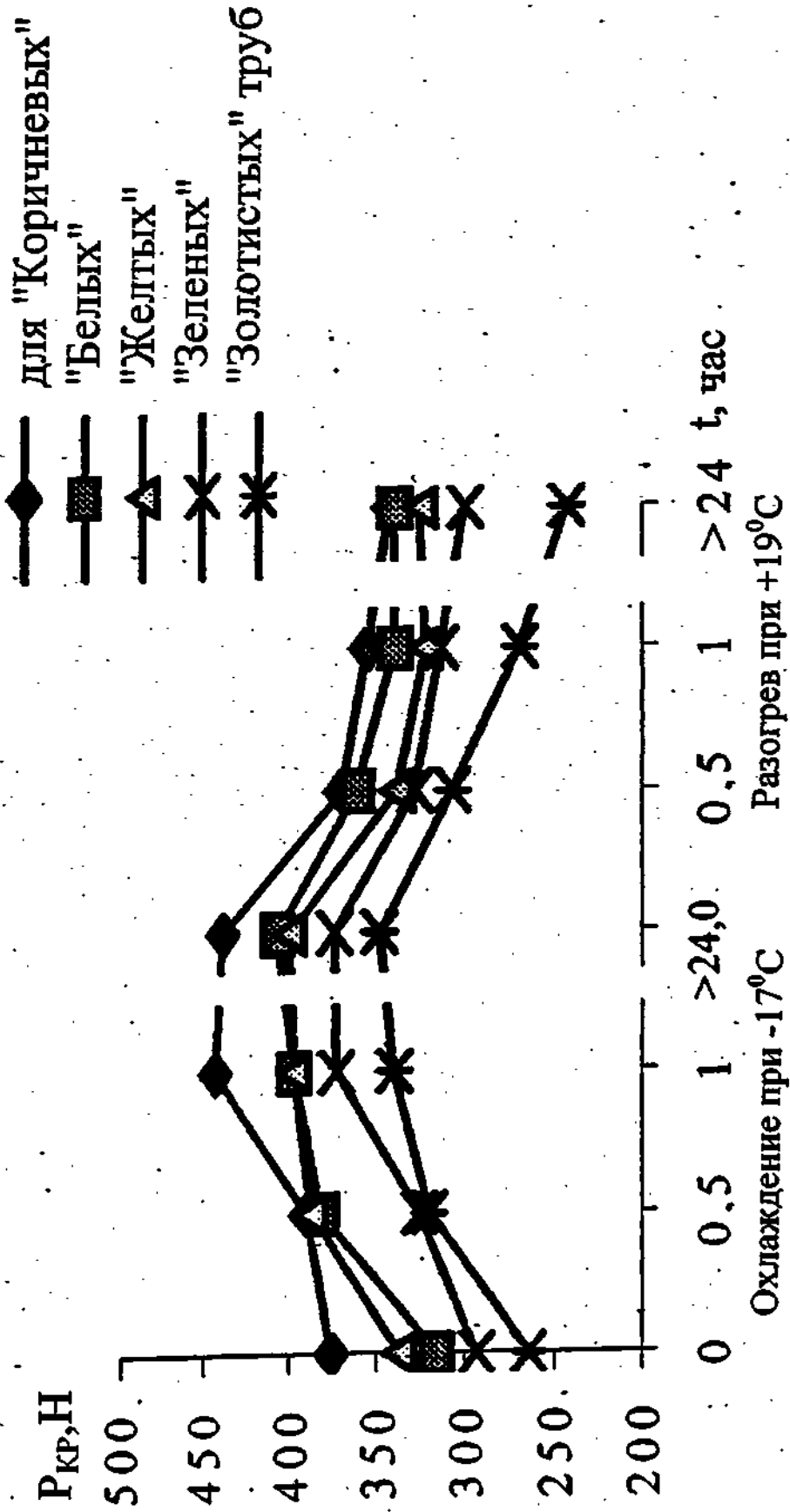


Рис. 6. Кинетика изменения критической силы сжатия при охлаждении и разогреве образцов труб

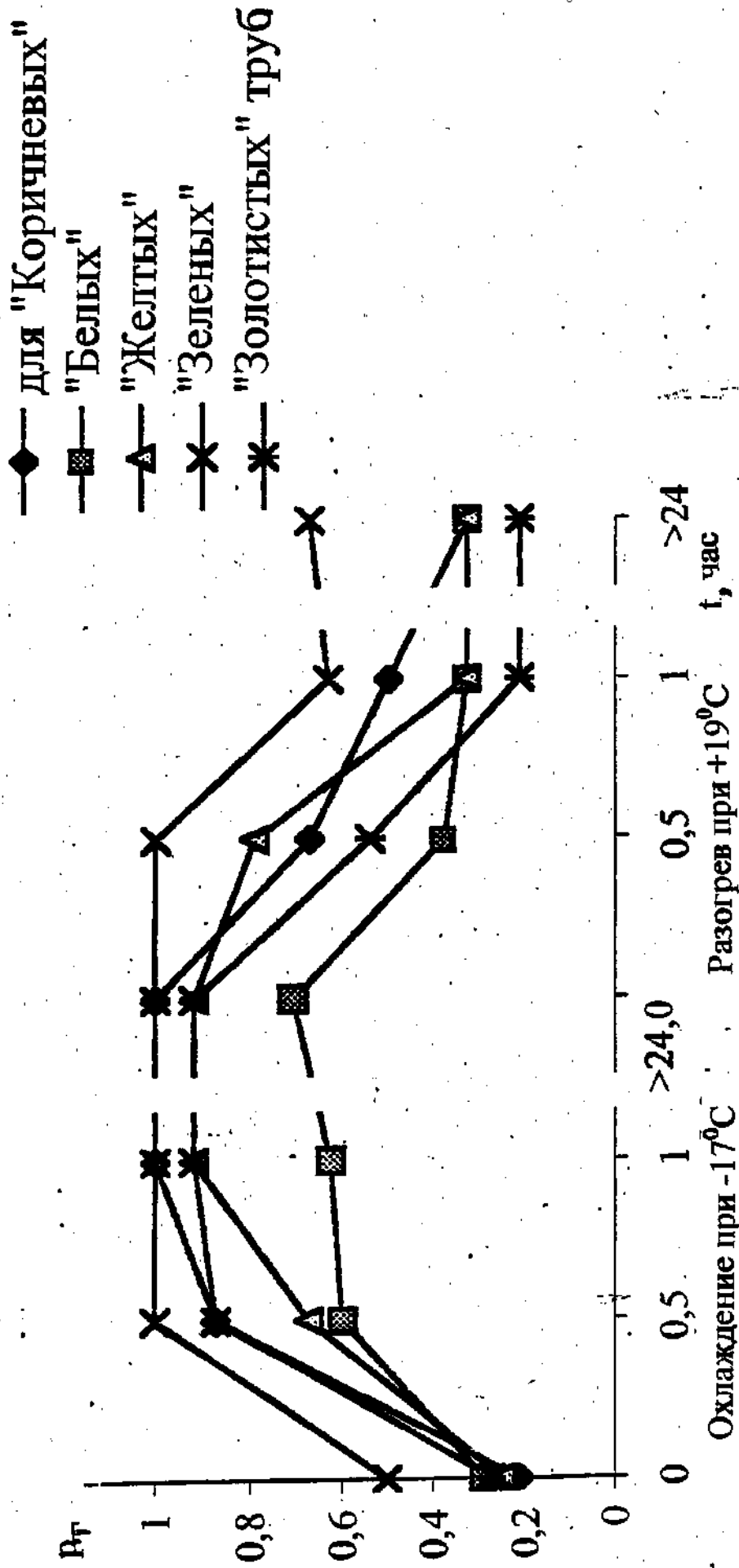


Рис.7. Кинетика изменения вероятности возникновения трещины при охлаждении и разогреве труб

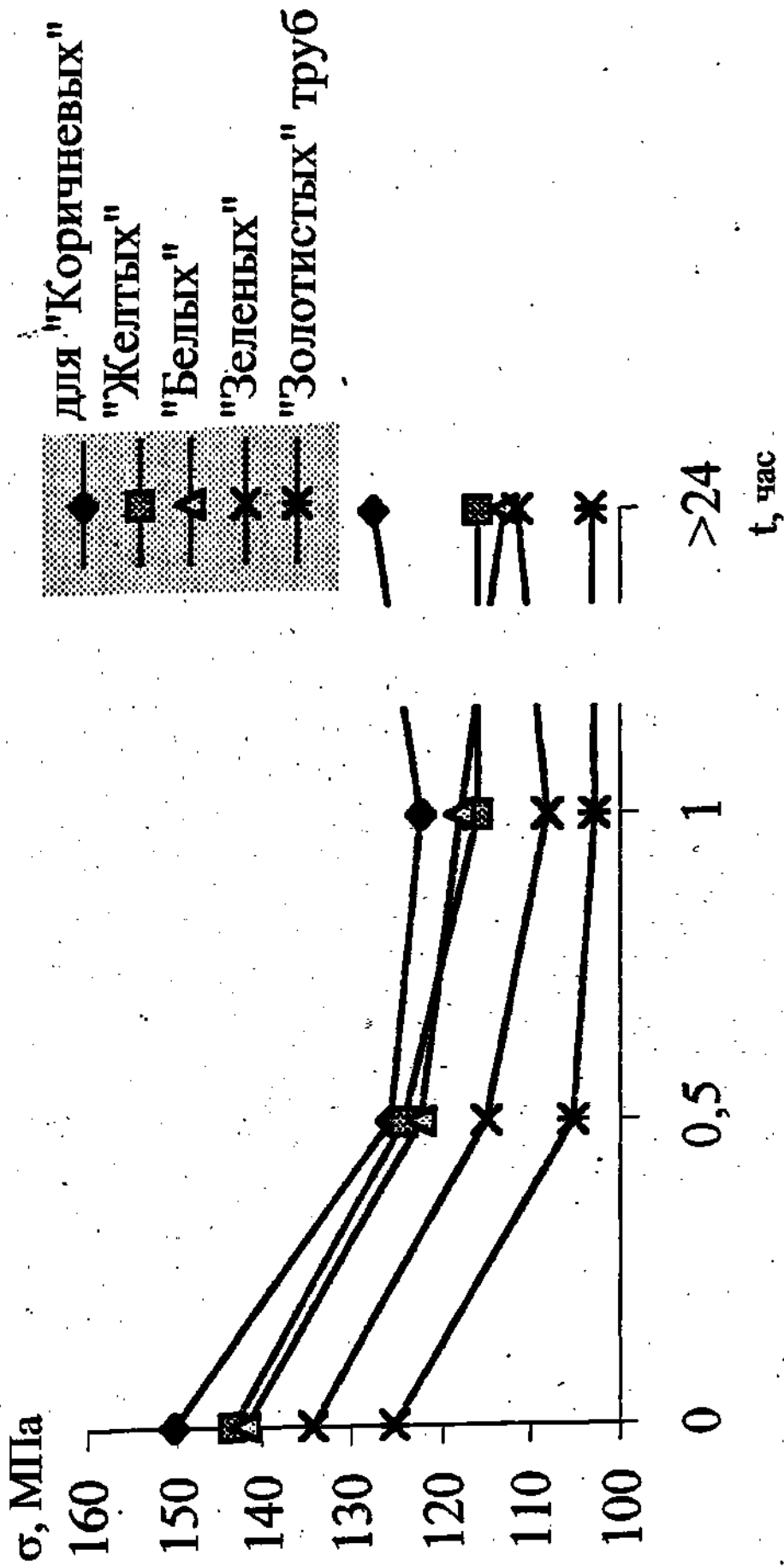


Рис.8. Кинетика изменения прочности на изгиб охлажденных до -17°C труб в процессе разогрева их при температуре $+19^{\circ}\text{C}$

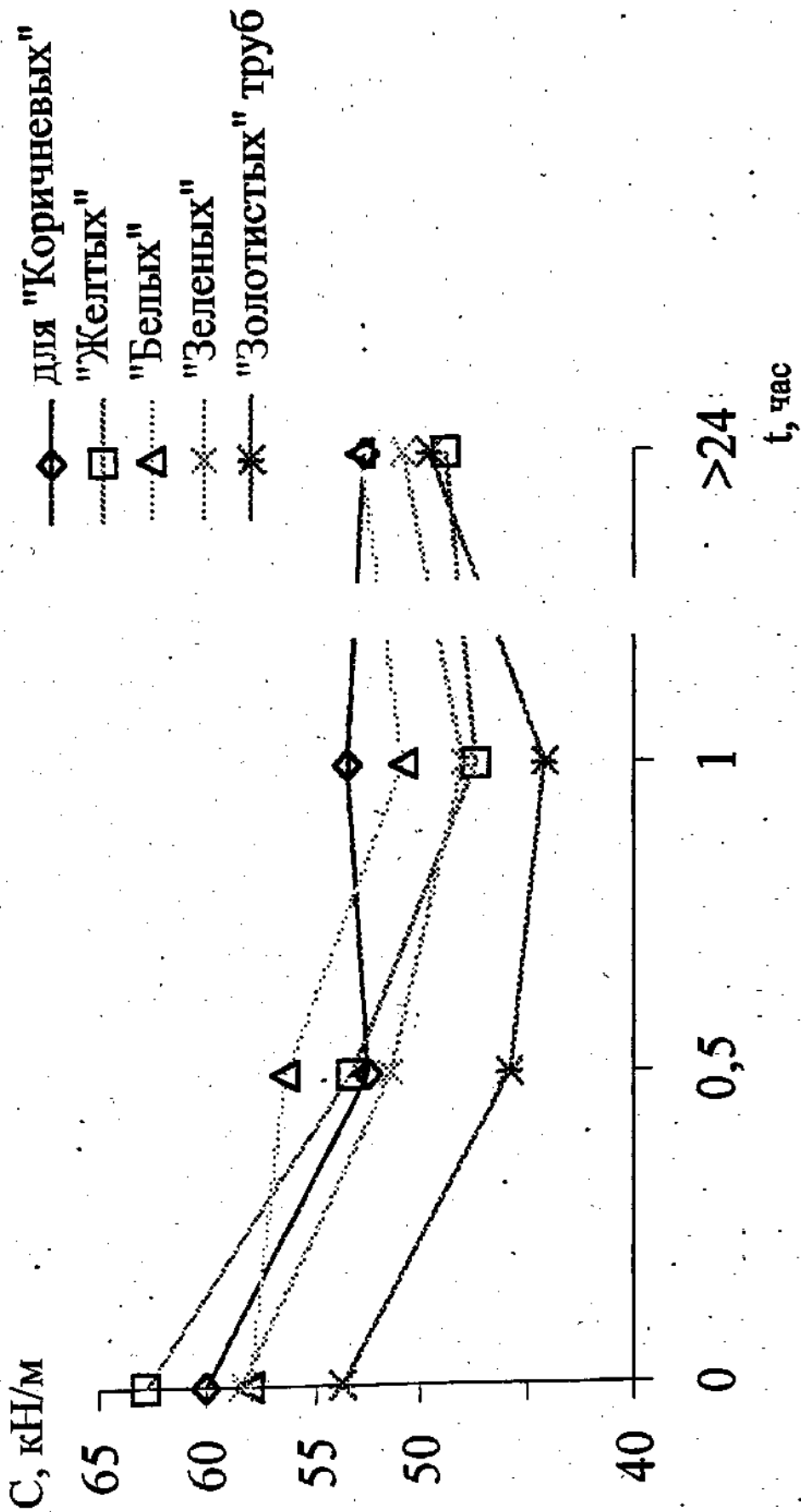
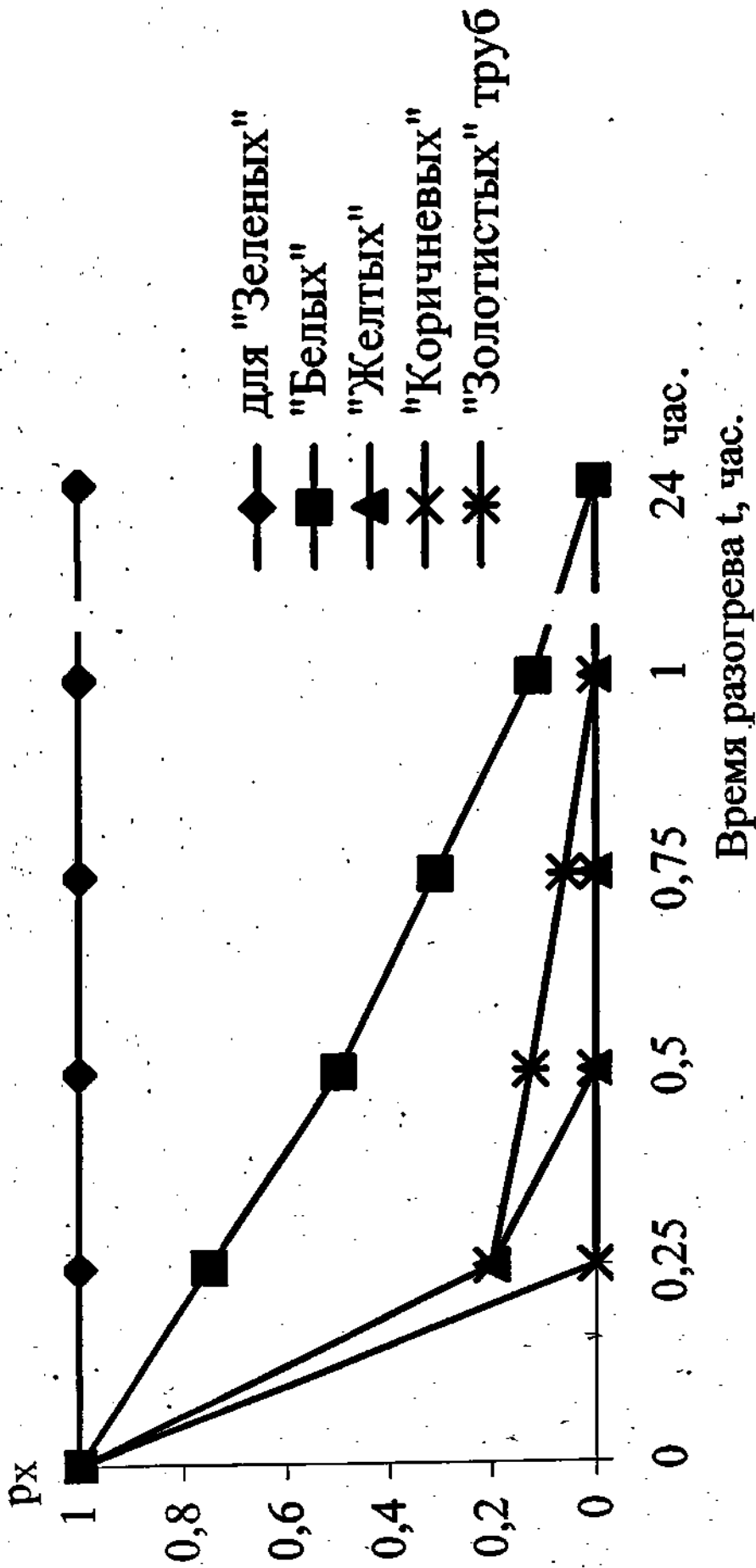


Рис 9. Кинетика изменения коэффициента жесткости при изгибе охлажденных до -17°C труб в процессе разогрева их при температуре $+19^{\circ}\text{C}$



10 рис. Кинетика изменения вероятности хрупкого разрушения (после удара с интенсивностью 333 Дж/м.) охлажденных до -17°C в процессе разогрева их при температуре $+19^{\circ}\text{C}$

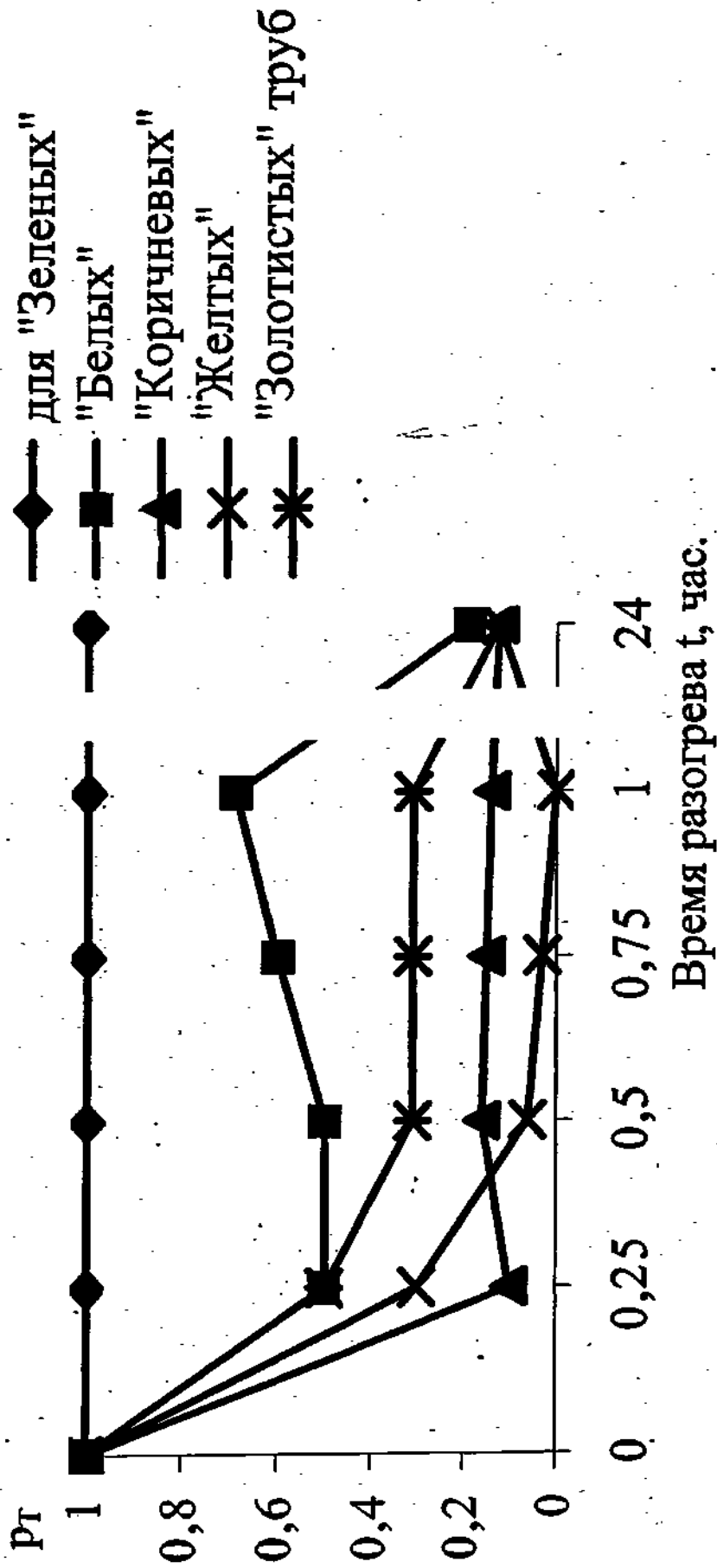


Рис. 11. Кинетика изменения вероятности возникновения трещины (после удара с интенсивностью 333 Дж/м) охлажденных до -17°C в процессе разогрева их при температуре $+19^{\circ}\text{C}$

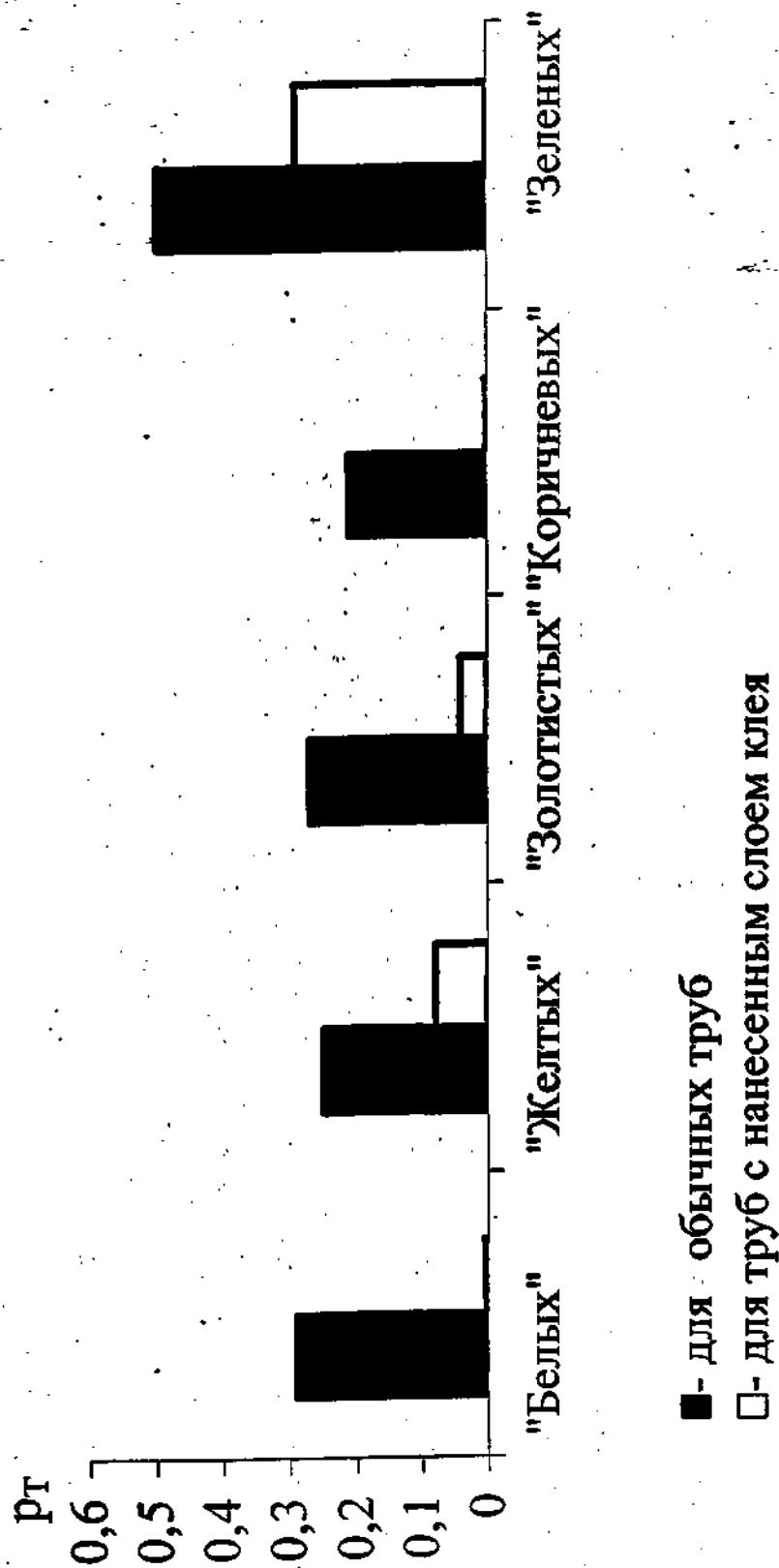


Рис.12. Влияние слоя клея на вероятность возникновения трещины при сжатии труб

4. ВЫВОДЫ

При изучении свойств пластиковых труб испытано около 700 образцов. Эти испытания позволили сделать следующие выводы:

1. Наилучшими механическими характеристиками отличаются "Коричневые" трубы (производитель - "Genova Product", поставщик - "Durupis"). Эти трубы имеют наибольшую прочность на изгиб и на сжатие, они не проявляют хрупкости при ударных нагрузках.
2. Хорошими механическими свойствами обладают "Желтые" трубы (производитель - "Harvel", поставщик ЗАО "Bausevice"). Хотя прочность на сжатие этих труб меньше на 11,6 % чем "Коричневых", но оно больше на 14,9 % чем "Зеленых" и на 28 % чем "Золотистых".
3. Хорошие свойства показали и "Белые" трубы (производитель - "Genova Product", поставщик - ЗАО "Durupis"). Прочность на сжатие этих труб меньше чем прочность "Коричневых" и "Желтых", однако оно значительно больше аналогичной прочности "Золотистых" и "Зеленых" труб.
4. Неплохими свойствами обладают "Золотистые" трубы (производитель - "Nibco", поставщик - ЗАО "Dagsta"), однако эти трубы имеют наименьшую прочность на изгиб, в них могут проявиться остаточные деформации. Прочность на изгиб этих труб на 12,1 % меньше аналогичной прочности "Желтых" и на 23,5 % "Коричневых" труб.
5. Наименьшей прочностью на сжатие и наибольшей хрупкостью отличаются "Зеленые" трубы (производитель - "Nibco", поставщик - ЗАО "Dagsta"). При воздействии ударом образцы этой трубы разрушаются хрупко - они разлетаются осколками. Вероятность хрупкого разрушения этих труб при воздействии удара в диапазоне температур $-17^{\circ}\text{C} \text{--} +20^{\circ}\text{C}$ равна единице; это указывает на исключительную хрупкость этого изделия. Такие свойства "Зеленых" труб объяснены присутствием большого количества абсорбционной влаги в их материале, которое появилось, по всей вероятности, в период подготовки смеси пластика из-за некачественной сушки наполнителя.

5. ОБОБЩЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Оценка полученных результатов и их сопоставление позволяет утверждать, что наихудшими характеристиками обладают "Зеленые" трубы, поэтому рекомендуется избегать применения этих труб в ответственных объектах. С целью предотвращения возможных повреждений этих труб следует применять дополнительные меры предосторожности не только при монтаже, но также и при перевозке, погрузке или разгрузке. Потребители этих труб должны инструктироваться о необходимости предостерегать системы, изготовленные из этих труб, от ударных нагрузок. Наиболее целесообразным является применение этих труб в менее ответственных объектах, например, для систем водоснабжения теплиц, огородов и др.
2. Долговременное (> 24 часов) охлаждение до $-17^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ и последующий разогрев при комнатной температуре ($19^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) не оказывает существенного влияния на механические свойства труб: механические свойства CPVC труб полностью восстанавливаются.
3. Воздействие холода ($-17^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ в течение 2 часов) увеличивает хрупкость пластиковых труб, поэтому при погрузке, разгрузке следует избегать ударных нагрузок, а монтаж следует проводить не раньше, чем после выдержки их в течение 1,5+2 часов при комнатной температуре.
4. Клей, нанесенный на наружные поверхности труб, улучшает эластичность и другие механические свойства изделия, поэтому мелкие повреждения целесообразно после обработки очистителем покрыть слоем клея.
5. На основе проведенных исследований все рассмотренные трубы по их физико-механическим свойствам можно разделить на три категории:
 - I-ая категория - это трубы, обладающие наилучшими свойствами из всех исследованных. Этой категории можно отнести "Коричневые", "Желтые" и "Белые" трубы.
 - II-ая категория - это трубы, обладающие неплохими свойствами. Этой категории относятся "Золотистые" трубы.
 - III-ья категория - это трубы со сравнительно наихудшими свойствами. Этой категории принадлежат "Зеленые" трубы (производитель "Nibco", поставщик - ЗАО "Dagsta").