

Таким чином, використання вищої теплової здатності палива дає великий енергетичний та економічний ефект. Однак є певні застереження – паливні пелети і брикети, що йдуть на експорт, мають бути білого кольору, тому тут потрібно встановлювати додаткове обладнання для тонкої очистки димових газів від сажі. На внутрішній ринок пелети і паливні брикети допускаються жовтуватого та бурого кольору, що свідчить про наявність там сажі (яка до речі є також додатковим вуглецевим компонентом палива). Отже, пелети і паливні брикети, що йдуть на внутрішній ринок, мають більшу теплотворну здатність.

Список використаних джерел

1. Стернин Д. М. Сушка в производстве фанеры и древесностружечных плит / Д. М. Стернин. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 383 с.
2. Білей П. В. Сушіння та захист деревини: підручник / П. В. Білей, В. М. Павлюст. – Львів: Кольорове небо, 2008. – 312 с.
3. Серговский П. С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П. С. Серговский. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 360 с.

УДК 621.91:678.5

А.П. Тарасюк, д-р техн. наук

Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков, Украина

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АНИЗОТРОПНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Целью исследования является установление силовых и энергетических закономерностей процесса резания волокнистых полимерных композитов и их влияние на выходные параметры процесса обработки, а также подготовка исходных данных для моделирования контактного взаимодействия режущего инструмента с волокнистым полимерным композитом.

Ключевые слова: резание, полимерные композиты, режущий инструмент, поверхностный слой, прочностные свойства.

Метою дослідження є встановлення силових і енергетичних закономірностей процесу різання волокнистих полімерних композитів та їх вплив на вихідні параметри процесу обробки, а також підготовка початкових даних для моделювання контактної взаємодії різального інструменту з волокнистим полімерним композитом.

Ключові слова: різання, полімерні композити, різальний інструмент, поверхневий шар, прочнісні властивості.

A research aim are establishment of power and power conformities to law of process of cutting of fibred polymeric compos and their influence on the data-outs of process of treatment, and also preparation of basic data for the design of pin co-operation of tailpiece with a fibred polymeric compo.

Key words: cutting, polymer composites, cutting tools, surface layer, the strength properties.

Постановка проблеми. Для оценки силовых и энергетических характеристик процесса резания, правильного понимания физической природы процесса резания и влияния его параметров на разрушение композитов и формирование поверхностного слоя, необходимо проанализировать влияние этих условий на прочностные свойства волокнистых полимерных композитов (ВПК).

Анализ последних исследований и публикаций. Исследователями, занимающимися созданием композитов выявлены изменения упругих и прочностных свойств композитов при изменении направления и скорости их деформации, температуры, влажности и ряда других показателей [1-4]. Однако до сих пор исследователи процесса резания композитов эти изменения не учитывали, что подтверждается проведённым обзором литературных источников.

Постановка задач исследования:

- установить влияние условий резания на упругие и прочностные свойства композитов, а также силовые и энергетические характеристики процесса резания;
- найти оптимальные динамические характеристики процесса резания;
- установить влияние энергетических характеристик процесса резания на его выходные параметры.

Изложение основного материала исследования. Для анизотропных композитов такие понятия, как прочность, жёсткость, ударная вязкость, теряют смысл, если они указываются в отрыве от направления действия нагрузки, поэтому все проведённые нами результаты даются с указанием направления силового воздействия относительно осей армирующих волокон.

Поскольку условия резания влияют на упругие и прочностные свойства композитов непосредственно через величину приложенной механической нагрузки, температуру, направление и скорость приложенной нагрузки, именно эти параметры и использовались в качестве варьируемых. Исследовали три волокнистых полимерных композита: стеклопластик, стеклоорганопластик и органопластик. Формы образцов, методы крепления и нагружения на “растяжение – сжатие” принимались в соответствии с ГОСТ 25.601-80; ASTM D 3039-76 (растяжение) и ГОСТ 25.602-80; ASTM D 3410-75.

Формы образцов, методы крепления и нагружения при испытаниях на изгиб и удар принимались в соответствии с JSOR 179, JISK 6911, ASTM D 256.

На рисунках 1-6 показаны графики изменения модуля упругости первого рода в зависимости от направления растяжения или сжатия для различных композиционных материалов.

Учитывая, что исследуемые нами композитные материалы являются ортотропными (ортогонально изотропными) можно с достаточной степенью точности принять, что модуль упругости второго рода G представляет собой модуль упругости E_{45° , соответствующий направлению 45° , поэтому экспериментальное определение модуля упругости второго рода нами не проводилось.

Полученные экспериментальные данные проверили расчетом с использованием правила смесей [5; 6] (расчет производили для направлений действия вектора силы 0 и 90° с использованием формулы 1 и 2). Расхождение между экспериментальными и расчетными данными составило не более $12 \div 15 \%$

$$E_{0^\circ} = \frac{E_f \cdot E_m}{E_n \cdot V_f + E_f (1 - V_f)}; \quad (1)$$

$$E_{90^\circ} = \alpha \cdot E_f \cdot V_f + E_m (1 - V_f), \quad (2)$$

где E_f и E_m – модули упругости первого рода волокна и матрицы; V_f – объёмное содержание волокна в композите; α – коэффициент при ортогональном расположении волокон равен 0,5.

При макромеханическом подходе к проблеме прочности армированных композиционных материалов, как и при анализе упругих деформативных характеристик, армированный композиционный материал (КМ) рассматривается в качестве анизотропного тела с определённой симметрией структуры.

Анизотропия прочности КМ выражается не только в зависимости прочности и ориентации нагрузки, но и в различии пределов прочности при растяжении и сжатии по каждому направлению; а так же в зависимости от пределов прочности на сдвиг и от знака касательных напряжений [6; 7]. Например, под действием касательных напряжений разного знака в композите, армированном параллельными волокнами, возникают неэквивалентные с физической точки зрения состояния. В одном случае волокна испытывают сжатие, а матрица – растяжение, а во втором наоборот. Поскольку пределы прочности матрицы и волокон обычно существенно отличаются, прочность ВПК при сжатии и растяжении также разная, что объясняется различием в механизмах разрушения [6].

В работе экспериментально устанавливали пределы прочности на растяжение и сжатие в разных направлениях, контрольные расчёты проводили вдоль главных осей с использованием правила смесей. Ниже приводятся экспериментальные результаты зна-

чення пределов прочности для разных направлений приложения нагрузки в стеклопластике, органопластике, стеклоорганопластике (рис.1-3).

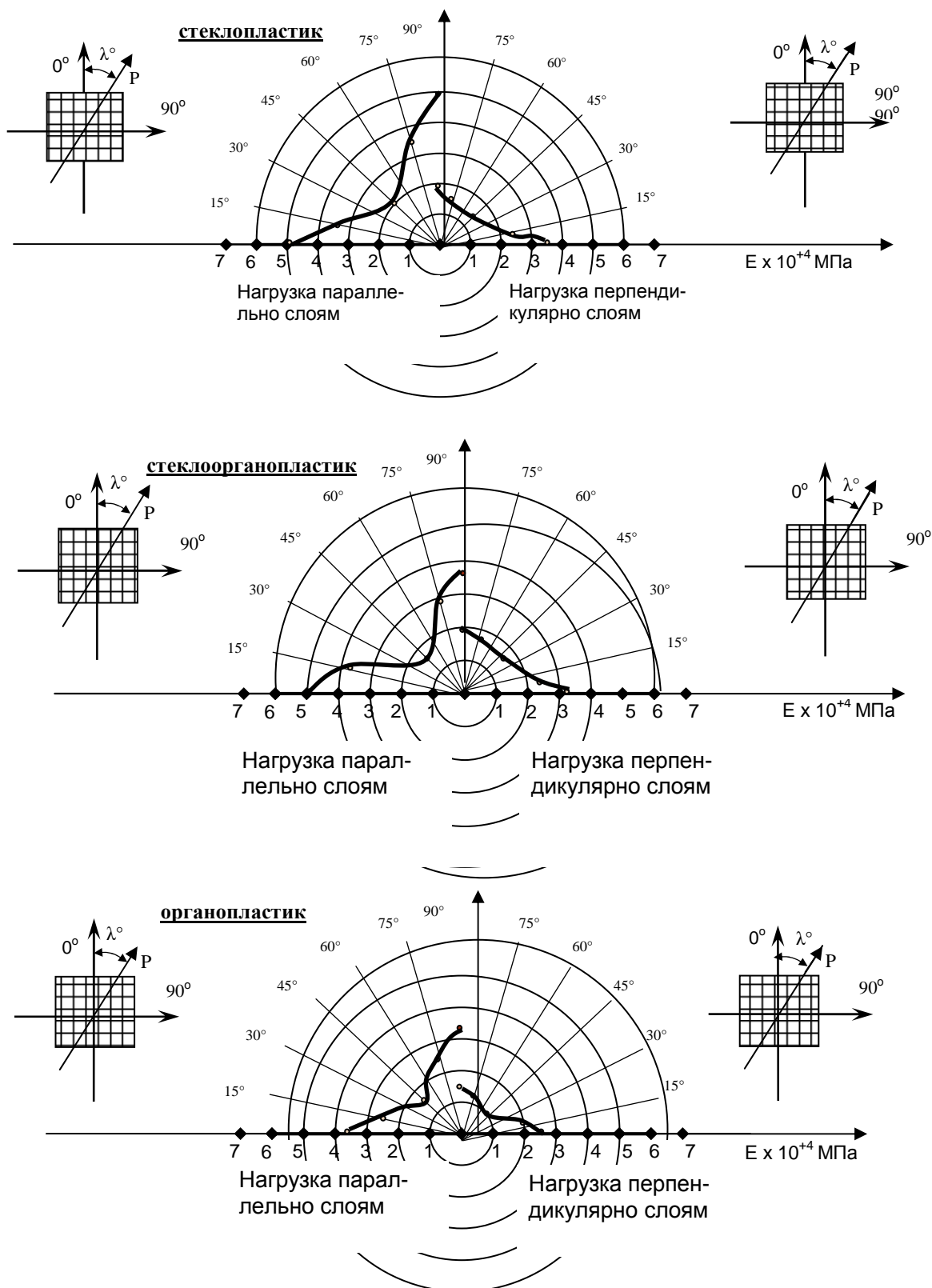


Рис. 1. Графики изменения модуля упругости первого рода в зависимости от направления растяжения

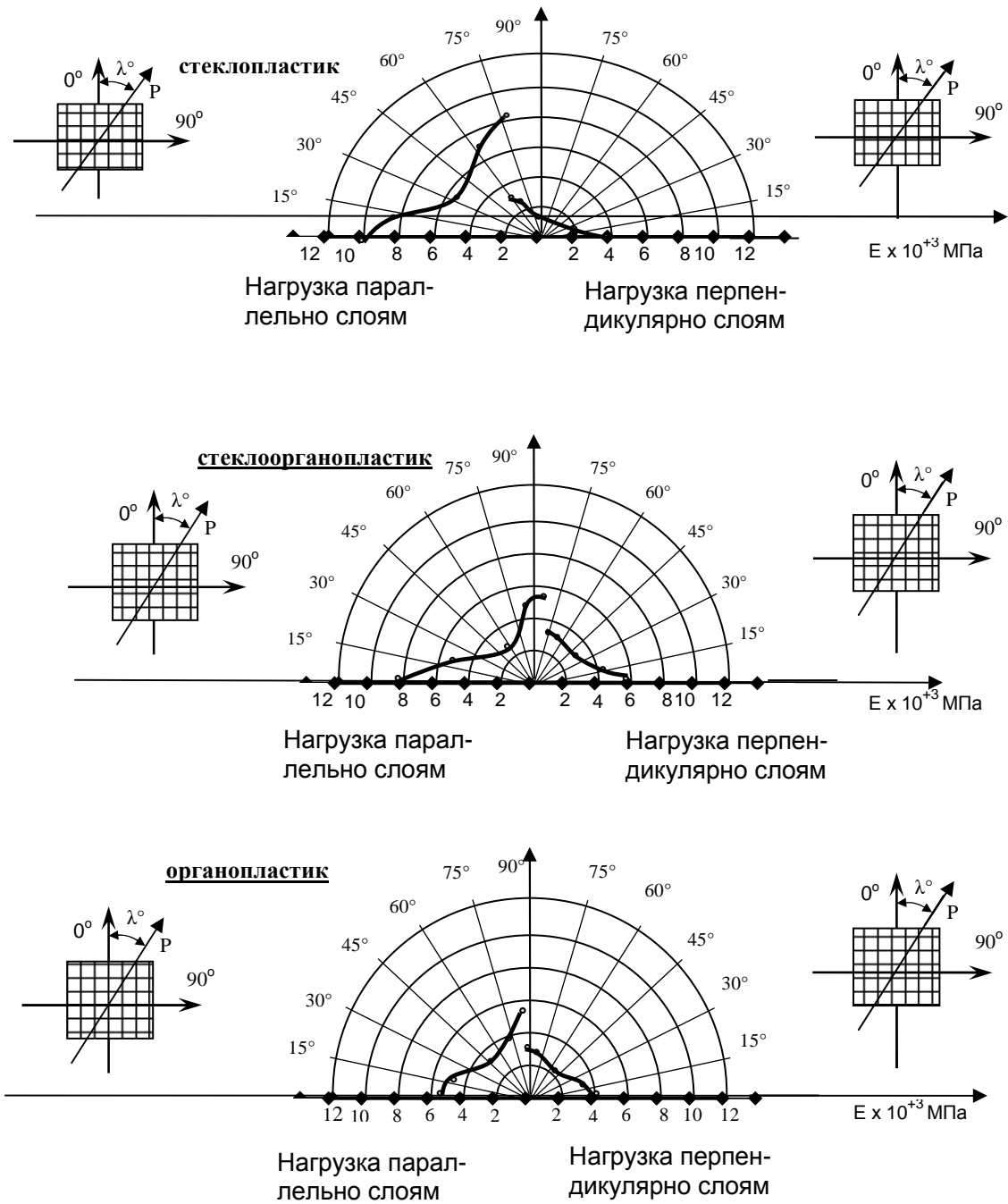


Рис. 2. Графики изменения модуля упругости первого рода в зависимости от направления сжатия

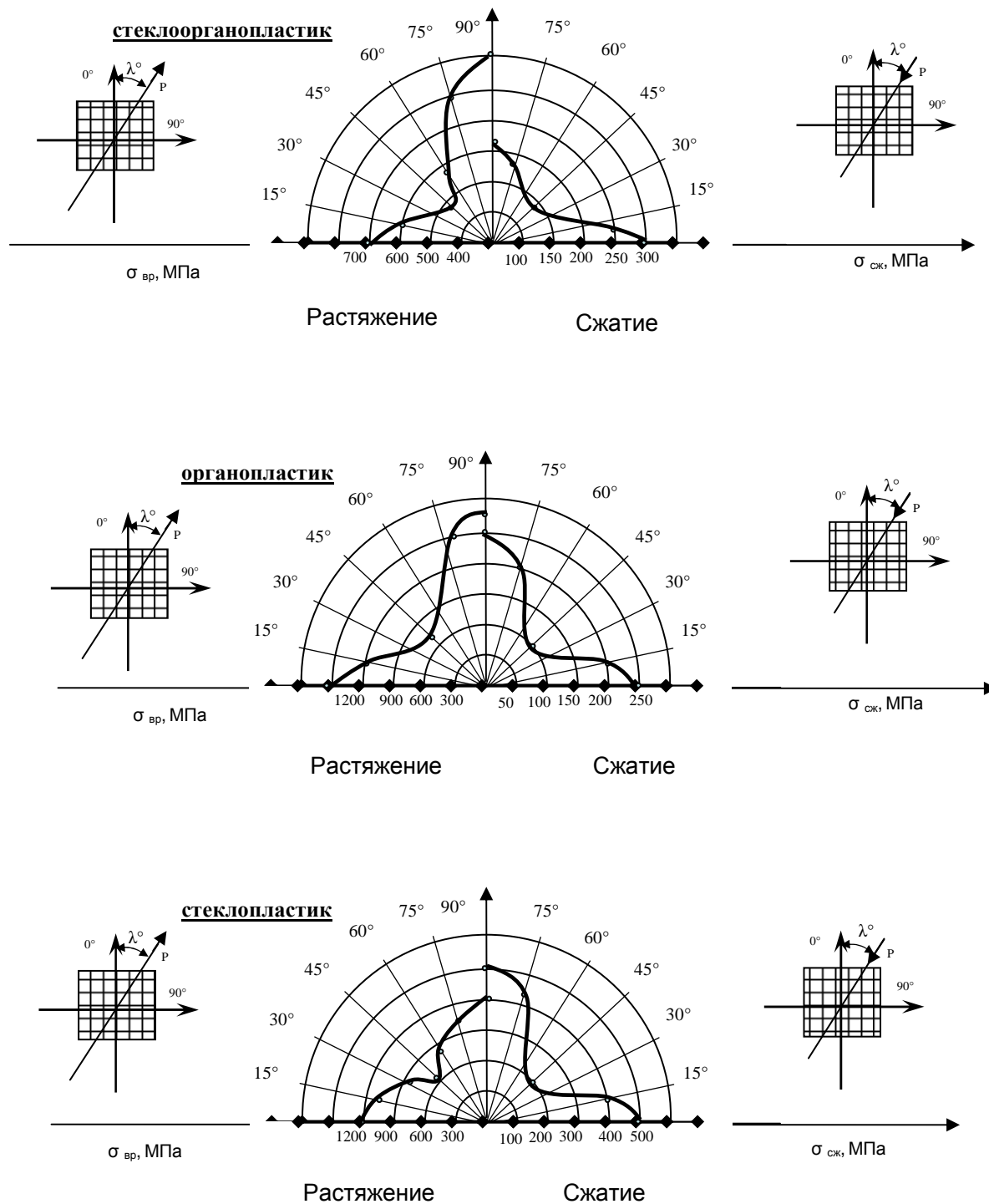


Рис. 3. Графики изменения прочности композитов в зависимости от направления приложенной нагрузки

Проведенные исследования влияния направления приложенной нагрузки на упругие и прочностные свойства композита позволили установить, что максимальных значений прочность и жёсткость достигает в направлении главных осей, поэтому при выборе схемы обработки это необходимо учитывать. Кроме того, очевидно приобретает существенное значение в обеспечении эффективности механической обработки волокнистых композитов

выбор направления вектора движения лезвия режущего инструмента относительно условных осей армирующих волокон (главных осей композита), таким образом, чтобы минимизировать разрушения по поверхности раздела структурных компонентов.

Известно [8; 9], что такие характеристики, как деформация и разрушение материала зависят от того, каким образом изменяется нагрузка во времени. Исследования [10] показывают, что характеристики композитов изменяются при динамическом приложении нагрузки. С увеличением скорости приложения нагрузки, скорость деформации возрастает, что сопровождается изменением предела прочности [6]. Вязкоупругость материала так же меняется, следовательно диаграмма напряжения – деформация при динамических воздействиях будут отличаться от диаграмм, которые имеют место при статическом нагружении.

На рисунке 4 приведены результаты экспериментального исследования, полученного на слоистых пластинах из стеклопластика. По оси ординат отложен предел прочности при растяжении δ_B , а по оси абсцисс величина ϵ , представляющая собой отношение интервала времени, протекающего с момента нагружения до разрушения, к деформации, возникающей при разрушении. Это отношение можно рассматривать как величину, обратную средней скорости деформации. При малых значениях величины ϵ , скорость деформации является высокой, т. е. нагрузки носят ударный характер. Большие значения ϵ соответствуют малым скоростям деформации и статическому приложению нагрузки. С возрастанием ϵ величина δ_B – уменьшается.

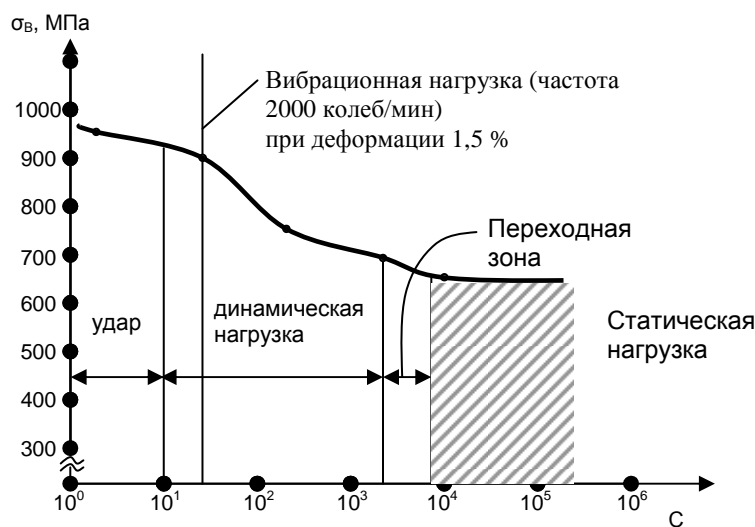


Рис. 4. Зависимость разрушающего напряжения от скорости приложенной нагрузки

Скорость приложения нагрузки начинает отчётливо проявляться, когда значение ϵ оказывается меньше $2 \cdot 10^3 \frac{мс}{ед.деф.}$, что соответствует динамической нагрузке, вибрационной усталости и т. д.

Исследования, проведённые при различных скоростях деформации, показали, что скорость деформации оказывает довольно существенное влияние на модуль упругости первого рода – E и практически не оказывает влияния на модуль упругости второго рода (рис. 5). Это обстоятельство говорит о том, что при различных скоростях деформации поведение (разрушение или не разрушение) границы раздела структурных компонентов композита различно.

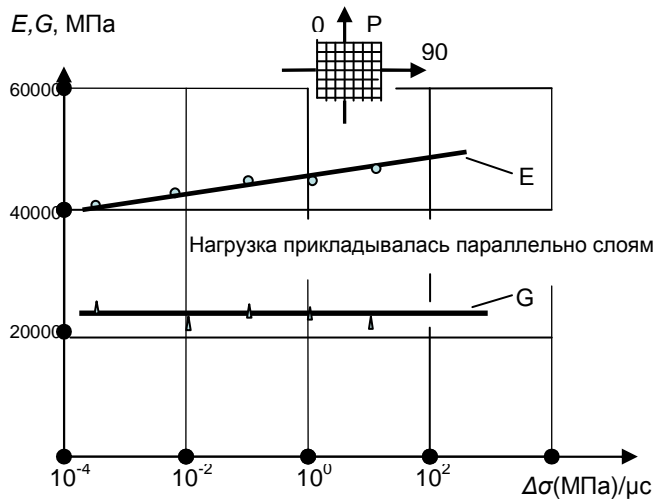


Рис. 5. Зависимость модулей упругости от скорости изменения нагрузки (стеклопластик)

Для удобства рассмотрения результатов исследования по влиянию скорости приложения нагрузки на прочность композитов, по оси абсцисс откладывали непосредственно скорость деформирования V , м/с (рис. 6).

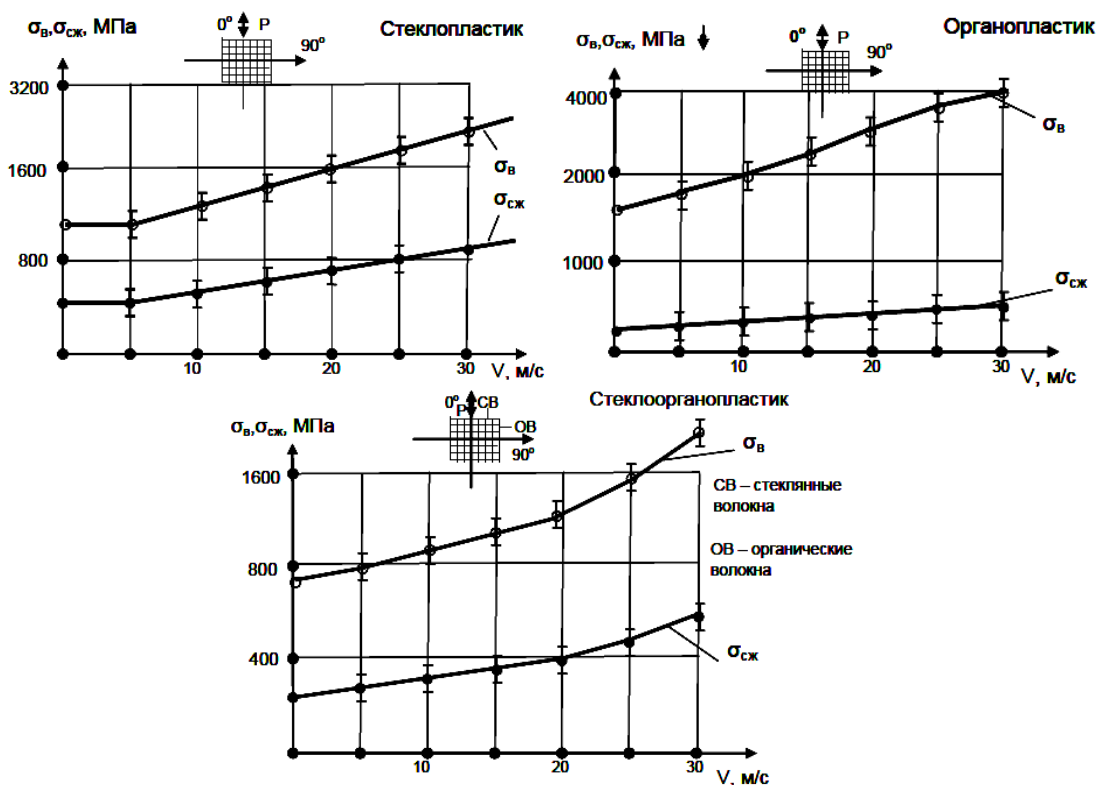


Рис. 6. Зависимость прочности композита от скорости деформации

При исследовании поведения композита при разрушении можно выделить два этапа:

- 1) процесс, протекающий до образования повреждений и разрушения;
- 2) процесс, связанный с развитием повреждений и протекающий до полного разрушения.

Первый этап характеризуется упругим поведением образца. На втором этапе происходит быстрое развитие трещины, которое сопровождается падением нагрузки. На рисунке 7 показан процесс разрушения стеклопластика и его схематическое представле-

ние. Результаты, представленные на рисунках 7-8, получены экспериментально с применением стандартной методики, описанной в [11].

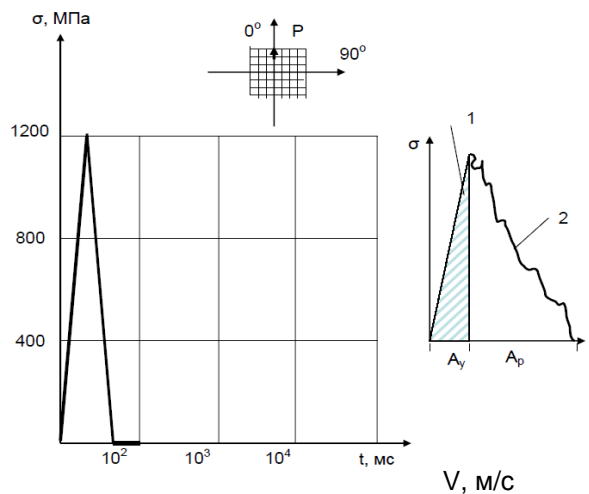


Рис. 7. Изменение во времени нагрузки при разрушении стеклопластика ($V = 10$ м/с):
1 – область образования трещин, 2 – область распространения трещин.
Заштрихованная область соответствует упругому этапу разрушения

На этом этапе затрачивается работа A_y . Совершаемую после этого работу обозначим через A_p . Отношение этих работ даёт возможность определить степень хрупкости разрушения:

$$ID = A_y / A_p. \quad (3)$$

Суммарная работа затрачиваемая на разрушение:

$$A = A_y + A_p = \int FV dt. \quad (4)$$

Таким образом, с уменьшением величины работы A_p , разрушение приближается к абсолютно хрупкому.

На рисунке 8 представлены результаты исследования по влиянию скорости деформирования на степень хрупкости разрушения стеклопластика.

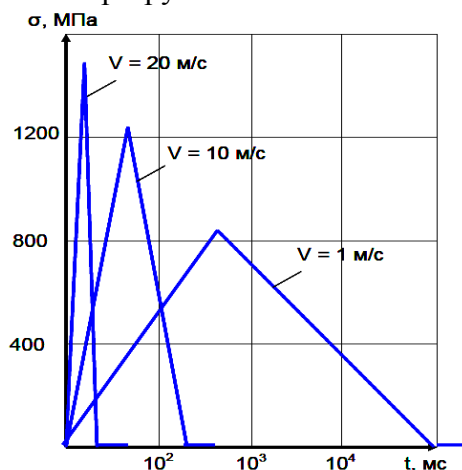


Рис. 8. Изменение во времени нагрузки при разрушении стеклопластика.

Анализ графиков показывает, что с увеличением скорости деформирования уменьшаются общие энергозатраты на разрушение (уменьшается площадь треугольников) и повышается хрупкость разрушения (увеличивается соотношение работ A_y/A_p).

Для подтверждения вышеизложенного были проведены исследования по установлению влияния скорости деформирования на ударную вязкость композитов. Результаты исследования показаны на рисунке 9.

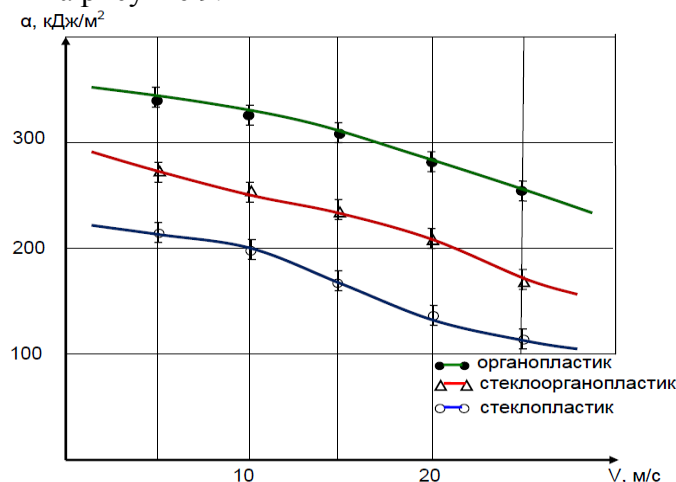


Рис. 9. Влияние скорости деформирования композита на ударную вязкость (нагружение параллельно слоям, для стеклоорганопластика вдоль органических волокон)

С увеличением скорости деформирования динамическая ударная вязкость повышается для всех представителей полимерных композитов, которые подвергались испытаниям.

Выводы по данному исследованию. Установлено, что с увеличением скорости деформирования и снижением температуры в зоне разрушения снижается ударная вязкость композита и энергия разрушения (энергозатраты на разрушение) и повышается хрупкость разрушения за счёт увеличения отношения работы упругой деформации к работе распространения трещин.

Список использованных источников

1. Берлин А. А. Основы адгезии полимеров / А. А. Берлин, В. Е. Басин. – М.: Химия, 1969. – 320 с.
2. Буланов И. М. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов / И. М. Буланов, В. В. Воробей. – М.: МГТУ им. И. Э. Баумана, 1998. – 516 с.
3. Барамбойм Н. К. Механохимия высокомолекулярных соединений / Н. К. Барамбойм. – М.: Химия, 1978. – 384 с.
4. Армарего Д. Обработка металлов резанием / Д. Армарего, Р. Браун. – М.: Машиностроение, 1977. – 280 с.
5. Бартенёв Г. М. Прочность и механизм разрушения полимеров / Г. М. Бартенёв. – М.: Химия, 1984. – 280 с.
6. Фудзии Т. Механика разрушения композиционных материалов: пер. с яп. / Т. Фудзии, М. Дзако. – М.: Мир, 1982. – 232 с.
7. Кобояши А. Явление разрушения при резании / А. Кобояши // Разрушение твердых полимеров. – М.: Машиностроение, 1971. – С. 386-405.
8. Браутман Л. Композиционные материалы / Л. Браутман, Р. Крок. – М.: Мир, 1978. – Т. 5. – 320 с.
9. Майборода В. П. Скоростное деформирование конструкционных материалов / В. П. Майборода, А. С. Кравчук, Н. Н. Хомин. – М.: Машиностроение, 1986. – 264 с.
10. Физико-химия и механика ориентированных стеклопластиков / под ред. Г. А. Андреевской. – М.: Наука, 1967. – 263 с.
11. Тарасюк А. П. Расширение функциональных возможностей волокнистых полимерных композитов за счет разработки эффективных процессов механической обработки: дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук / А. П. Тарасюк. – Х., 2011. – 567 с.