

дящего потока  $Q_{ax}$  (рис. 6).

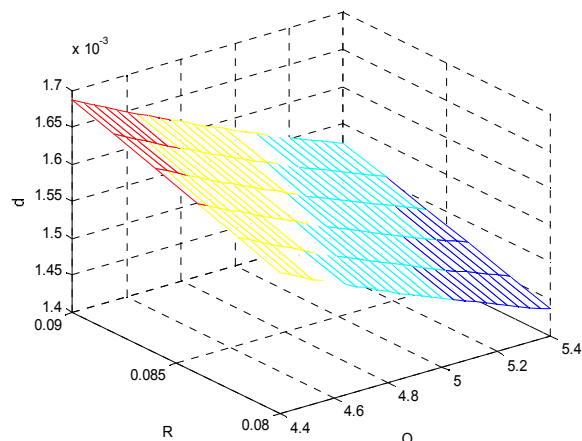


Рисунок 6 – Зависимость максимального диаметра граничных зерен от радиуса гидроциклона и входного напора

Как видно из графика увеличение скорости входящего потока, как и уменьшение радиуса цилиндрической части, ведет к уменьшению диаметра граничных зерен.

Таким образом, проведенное математическое моделирование работы гидроциклона с изменяемой геометрией позволяет подбирать оптимальные режимы работ систем ГЗУ осуществлять на основе расчётных данных автоматизацию работы систем очистки на промышленных предприятиях.

#### Список литературы

1. Ляхтер В.М. Гидравлическое моделирование / В.М. Ляхтер, А.М. Прудовский. – М., 1984. – 392 с.
2. Абдураманов А.А. Гидравлика гидроциклонов и гидроциклонных насосных установок. В 2-х частях. – Алматы: Гылым, 1993. – Ч.1 – 214 с.; – Алматы: Гылым, 1993. – Ч.2. – 138 с.
3. Мустафаев А.М. Гидроциклоны в нефтедобывающей промышленности / А.М. Мустафаев, В.М. Гутман. – М., 1981. – 260 с.

Получено 04.11.2010

УДК 656.13: 621.134.1

**А.А. Давыдов, А.А. Макенов**  
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В настоящее время к конструкциям автотранспортных средств предъявляются дополнительные требования, которые диктуются требованиями их пассивной безопасности. Эти требования в общем виде могут быть сформулированы следующим образом: конструкции современных автомобилей нужно разрабатывать с учетом условий, которые исключают возможность получения травм водителем и пассажирами при ДТП вследствие нарушения жизненного пространства, высоких нагрузок и невозможности эвакуации из салона автомобиля [1].

Исходя из этого, элементы кузова при ДТП должны быть способными поглощать энергию удара, уменьшая нагрузки на организм человека.

В результате натурных исследований ДТП установлено, что встречные столкновения транспортных средств составляют 65,4 %; боковые столкновения – 21,4 %; попутные столкновения – 13,2 % для легковых автомобилей и соответственно 59,5 %; 17,5 %; 23 % – для автобусов [2].

Как видно, наиболее значительное распространение имеют встречные столкновения автотранспортных средств, и, как правило, такого рода столкновения сопровождаются наиболее тяжелыми последствиями. Поэтому важнейшей задачей является повышение безопасности водителей транспортных средств и пассажиров при встречных столкновениях. Эта задача может быть решена на основе применения энергопоглощающих элементов несущей системы автомобиля, в том числе и энергопоглощающих бамперов.

Наиболее простым способом снижения энергии встречного удара является установка в передней части автомобиля специальных буферных устройств (бамперов). Это обеспечивает снижение тяжести последствий ДТП для водителя и пассажиров и защиту от повреждения кузова автомобиля.

При проектировании автотранспортного средства бампер необходимо рассматривать не только как деталь, являющуюся частью декоративного оформления, но и как средство, которое повышает внешнюю пассивную безопасность автомобиля и снижает стоимость его ремонта после столкновения. Решающим фактором, обуславливающим эффективность применения бампера, являются его энергопоглощающие свойства. При этом процесс энергопоглощения не должен зависеть от температуры и скорости деформации.

В практике проектирования безопасного автомобиля выдвигается требование, чтобы в результате испытаний ни одна из деталей автомобиля (исключая сам бампер) не была бы повреждена и при начальной скорости столкновения 16 км/ч замедление автомобиля не превышало  $6g$  [3]. С точки зрения энергопоглощающих свойств бампера чрезвычайно важным является характер протекания процесса деформации. Известным показателем бампера может служить выражение

$$\eta = \frac{\int_0^{S_{MAX}} FdS}{F_{MAX} \cdot S_{MAX}},$$

где  $F$  – сила;  $S$  – деформация.

В соответствии с этим выражением у идеального бампера сила не должна изменяться в зависимости от величины деформации. Однако в действительности, учитывая конструктивные особенности бампера, сила изменяется по закону прямолинейной функции. От характера изменений силы зависит конструкция опоры бампера.

Критерии энергопоглощающих бамперов сведены к следующему: характеристики в зависимости от скорости и массы; восстанавливаемость; высокий коэффициент полезного действия; высокая плотность рассеивания энергии удара; большой эффективный ход; малый остаточный коэффициент.

Теоретические и практические исследования показали, что ход подвижного элемента и усилие энергопоглощающего бампера должны зависеть от скорости начала удара и массы автомобиля.

На основе изучения материалов зарубежного и отечественного автомобилестроения можно привести классификацию существующих энергопоглощающих устройств и выполнить их анализ.

По принципу действия энергопоглощающие устройства подразделяются на следующие виды:

а) системы, которые превращают кинетическую энергию удара в работу упругой или пластической деформации;

в) системы, которые превращают кинетическую энергию удара в тепловую работу трения;

с) системы комбинированные, которые обладают одновременно свойствами систем а и в.

Систему, которая превращает кинетическую энергию удара в работу упругой или пластической деформации, можно получить с помощью следующих конструкций:

1. Сотовые конструкции и конструкции пористых шариков. В результате удара происходит пластическая деформация рабочих элементов. Необходимо отметить, что такая конструкция имеет почти идеальную характеристику.

Недостатком таких конструкций является то, что они пригодны для разового использования. После удара такие элементы не восстанавливаются и требуют полной замены.

2. Конструкции с наличием пружинящих элементов. В качестве пружинящих элементов могут применяться пружины, резиновые изделия и др.

Эти конструкции имеют характеристику далеко не идеальную. Анализ характеристики действия такой конструкции позволяет сделать вывод, что увеличение деформации возникает только при повышении нагрузки. Другим недостатком данной конструкции является то, что кинетическая энергия удара переходит в потенциальную энергию сжатия пружинящего элемента, и когда скорость автомобиля снижается от 36 км/ч до 0, возникает опасность отдачи, которая сообщит водителю и пассажиру дополнительный импульс движения, а он, в свою очередь, увеличивает силу удара и, естественно, при этом возрастает тяжесть травмирования людей.

Система, которая превращает кинетическую энергию удара в тепловую работу трения, осуществляется:

1. Конструкцией с наличием фрикционного элемента или материала с высоким внутренним трением (пенополиуретан). Недостаток ее заключается в том, что только при малых нагрузках часть характеристики близка к идеальной, а с дальнейшим возрастанием нагрузки деформации увеличивается незначительно. С помощью данной конструкции можно создать относительно дешевое энергопоглощающее устройство, однако, только для автомобилей небольшой массы и рассчитанных на небольшую силу удара.

2. Гидравлические конструкции открытого и закрытого типа. К открытому типу можно отнести эластичный полый буфер, который заполнен водой. Под действием удара вода с высокой скоростью выдавливается из отверстий бампера. Этот вид конструкции имеет ряд недостатков: сравнительно большой удельный вес, малая величина деформации, при определенной температуре бампер теряет свои свойства. К закрытому типу можно отнести бампер, который снабжен гидравлическим телескопическим устройством. Поглощение энергии осуществляется за счет просачивания жидкости через калиброванные отверстия. Характеристика такой конструкции очень близка к идеальной, и рабочий процесс не

зависит от температуры окружающей среды.

Комбинированные системы объединяют все вышеперечисленные конструкции: конструкции с наличием пружинящих и фрикционных элементов; конструкции с металлическим деформируемым корпусом и жидким наполнителем.

Следует также отметить, что материалы, которые используются в настоящее время для автомобильных бамперов, разрушаются при столкновении с относительной скоростью, равной 9 км/ч, а при больших относительных скоростях происходят значительные повреждения кузова.

Поэтому необходимо проектировать такие конструкции бамперов и передней части автомобиля (соотношения их жесткости и прочности), чтобы при слабом ударе бампер защищал от повреждения элементы кузова автомобиля, которые имеют большую стоимость, а при тяжелых столкновениях бампер и передняя часть автомобиля деформировались бы совместно, поглощая значительную часть энергии удара и защищая, таким образом, пассажиров от серьезных телесных повреждений.

Правильно сконструированный бампер должен обеспечивать внутреннюю и внешнюю пассивную безопасность автомобиля и поглощать большую часть кинетической энергии, которая возникает при ударе.

Исследования показали, что бампер современного легкового автомобиля может предохранить фары и облицовку радиатора при наезде на неподвижное препятствие со скоростью не более 1 м/с [2].

Применение бамперов, которые поглощают энергию удара, требует изменения конструкции многих элементов кузова автомобиля. Для размещения амортизаторов необходимо усиливать рамы и нижние части несущих кузовов и изменять их конфигурацию. Из-за увеличения массы бампера приходится устанавливать более жесткие и прочные рессоры. На многих моделях автомобилей изменены колеса, шины, рулевые механизмы, детали подвески.

Нами разработаны конструкции механического и пневматического энергопоглощающих элементов бамперов, которые существенно снижают тяжесть последствий ДТП, поглощая энергию удара.

Механический энергопоглощающий элемент состоит из штока 1 (рис. 1), на котором расположен пакет тарельчатых пружин 7, находящихся в обойме 4. Обойма пружин соединена с кронштейном 5 посредством резьбы. На обойму пружин по резьбе навинчивается гильза 2 фиксатора 3, которая удерживает его, в пазах фиксатора установлены два шарика 6.

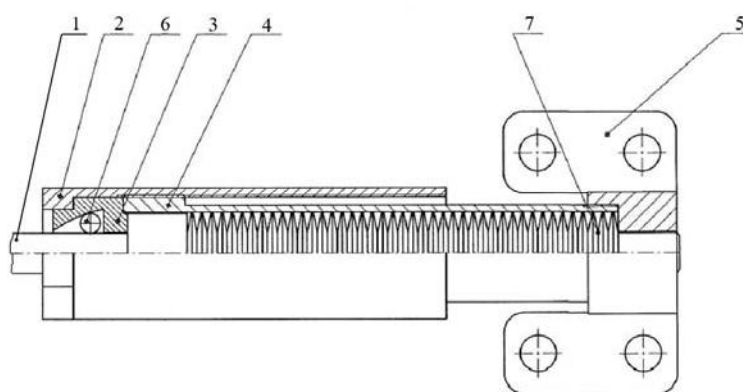


Рисунок 1 – Механический энергопоглощающий элемент

При ударе шток 1 перемещается вправо и сжимает пакет пружин 7, которые опираются в буртик штока. Сжимаясь, пружины поглощают энергию удара. После сжатия пакет пружин стремится вернуть шток в исходное положение, что может вызвать обратный удар. Однако этого не происходит, т.к. фиксатор препятствует перемещению штока в обратном направлении.

Детали энергопоглощающего элемента бампера нагружаются максимальной силой, равной силе сжатия пакета тарельчатых пружин упругого элемента  $P_{np}$ . Эту нагрузку воспринимают следующие элементы энергопоглощающего бампера: кронштейн; буртик штока; шарики фиксирующего устройства (фиксатора) и резьба крепления гильзы и обоймы пружин.

При расчете величин деформации кузова и времени деформации нами использован метод математического моделирования удара «автомобиля-оболочки» о жесткую преграду [2-4].

В качестве объекта нами был принят автомобиль с полной массой  $m_a = 1500$  кг, а начальная скорость удара  $V_n$  изменялась в пределах от 5 до 60 км/ч.

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

*Расчетные значения величины и времени деформации кузова*

Скорость начала удара $V_n$ , км/ч (м/с)	Деформация кузова, м		Время деформации, с	
	1*	2*	1*	2*
5 (1,39)	0,0061	0	0,0088	0
10 (2,78)	0,024	0	0,018	0
15 (4,17)	0,055	0	0,028	0
20 (5,56)	0,098	0,032	0,035	0,069
25 (6,94)	0,152	0,087	0,044	0,086
30 (8,33)	0,219	0,154	0,054	0,104
35 (9,72)	0,298	0,232	0,061	0,121
40 (11,11)	0,389	0,324	0,070	0,136
45 (12,50)	0,494	0,428	0,079	0,156
50 (13,89)	0,610	0,545	0,088	0,173
55 (15,28)	0,739	0,673	0,096	0,190
60 (16,62)	0,880	0,814	0,105	0,208

\* Примечание: 1 – обычный бампер, 2 – энергопоглощающий бампер

Разработанный энергопоглощающий элемент бампера позволяет полностью погасить энергию удара о жесткую преграду с начальной скоростью удара 16 км/ч. С повышением начальной скорости удара кузов автомобиля начинает деформироваться, но величина его деформации существенно меньше, чем в случае удара автомобиля с обычным бампером.

Кроме того, применение данного энергопоглощающего элемента бампера снижает нагрузки, которые воспринимает организм человека, находясь в автомобиле при ДТП.

Конструкцию данного энергопоглощающего элемента бампера можно использовать на легковых автомобилях другого класса, для чего необходимо изменить упругость энергопоглощающего элемента в зависимости от массы автомобиля, варьируя количеством тарельчатых пружин и их взаимным расположением в обойме.

В существующих подобных конструкциях бамперов применение пружин в качестве упругого элемента сопровождается обратным ударом при ее возврате. Конструкция предлагаемого бампера этого недостатка лишена.

Пневматический энергопоглощающий элемент бампера (рис. 2) состоит из металлического цилиндра 2, внутри которого размещен поршень 5, жестко соединенный со штоком 1.

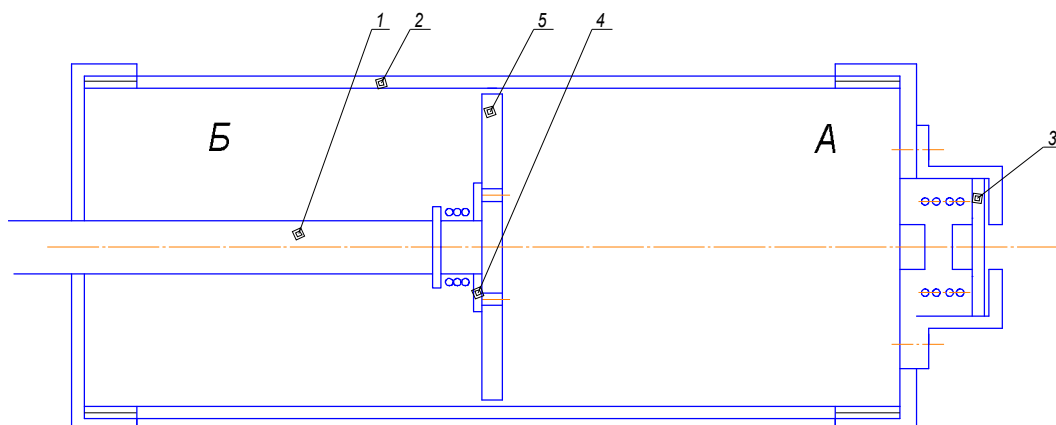


Рисунок 2 – Энергопоглощающий элемент бампера: 1 – шток; 2 – цилиндр; 3 – впускной клапан; 4 – перепускной клапан; 5 – поршень

Шток другим концом соединяется с бампером транспортного средства. Полость *A* цилиндра соединяется с пневмосистемой тормозного привода. Воздух из рабочей тормозной системы в полость *A* поступает через впускной клапан 3. Пружина впускного клапана подобрана таким образом, чтобы в полости *A* давление было равно давлению в тормозной системе. В поршне смонтирован перепускной клапан 4, посредством которого полость *A* цилиндра сообщается с полостью *B*. Пружина перепускного клапана подобрана таким образом, что клапан открывается в случае, если давление в полости *A* цилиндра становится несколько больше давления в рабочей тормозной системе.

В исходном состоянии поршень занимает крайнее левое положение. Оба клапана (впускной и выпускной) закрыты, а в полости *A* давление воздуха равно давлению воздуха в рабочей тормозной системе транспортного средства (рис 3, *a*).

При фронтальном ударе транспортного средства о препятствие сила удара от бампера передается на шток, который перемещается вместе с поршнем вправо, уменьшая объем полости *A*. Давление воздуха в полости *A* возрастает и перепускной клапан открывается. Воздух под давлением из полости *A* поступает в полость *B* (рис 3, *б*). При этом совершается работа, т.е. затрачивается энергия удара.

Размеры цилиндра (диаметр и длина) зависят от массы транспортного средства, на котором установлен энергопоглощающий элемент. Увеличением количества энергопоглощающих элементов можно регулировать величину поглощаемой энергии удара.

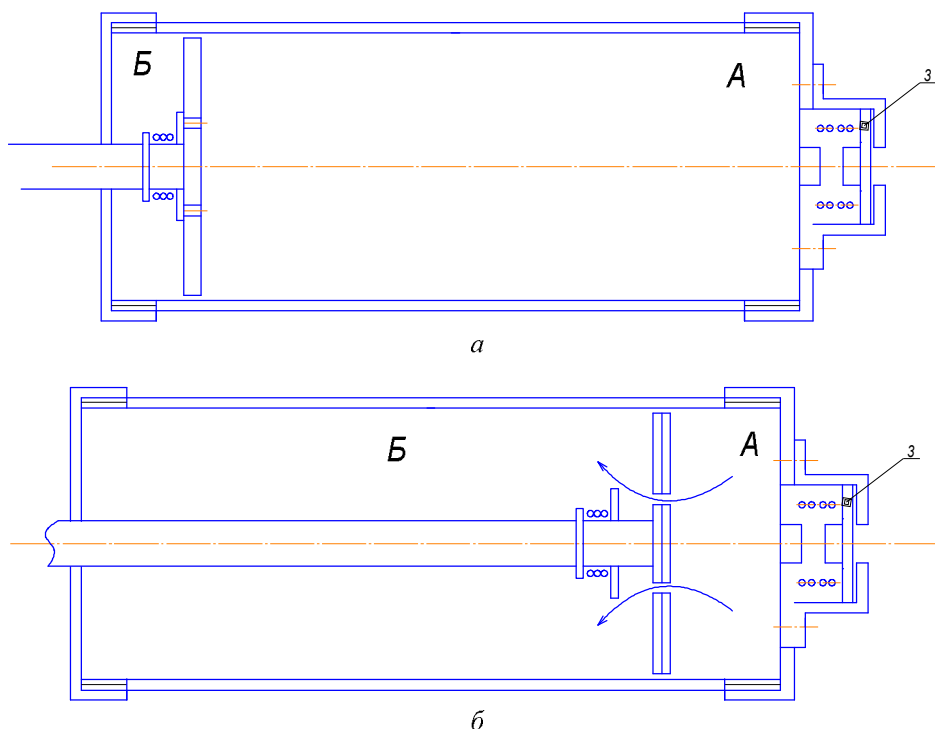


Рисунок 3 – Работа энергопоглощающего элемента

После совершения рабочего процесса, т.е. поглощения энергии удара, давление воздуха в полостях *A* и *B* цилиндра энергопоглощающего элемента выравнивается и становится равным давлению воздуха в рабочей тормозной системе. Благодаря этому, поршень вместе со штоком зафиксирован в каком-то определённом положении, т.е. гарантируется отсутствие обратного удара.

По истечении некоторого времени давление воздуха в полости *B* будет падать, т.к. происходит утечка воздуха через уплотнения. Поршень будет перемещаться влево. При этом давление в полости *A* тоже будет падать. Когда давление в полости *A* станет ниже давления в рабочей тормозной системе, впускной клапан откроется и в какой-то момент, когда поршень займет крайнее левое (исходное) положение, давление в полости *A* станет равным давлению в рабочей тормозной системе. При этом впускной клапан закроется. Энергопоглощающий элемент автоматически займёт свое рабочее состояние. Этот «восстановительный» процесс происходит медленно, т.к. утечка воздуха из полости *B* происходит с достаточно небольшой интенсивностью, исключая возможность появления вторичного (обратного) удара.

Благодаря тому, что во время «активной» работы энергопоглощающего элемента (поглощение энергии удара) параметры процесса (площадь поршня и давление воздуха полости *A*) остаются постоянными, характеристика элемента близка к идеальной характеристике (рис. 4).

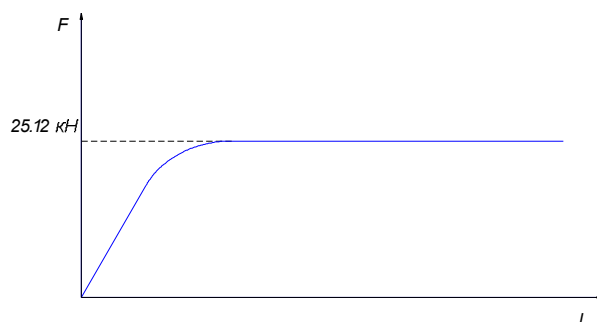


Рисунок 4 – Характеристика энергопоглощающего элемента

При выборе параметров энергопоглощающего элемента в качестве одного из транспортных средств, на которых возможно применение предлагаемой системы внешней пассивной безопасности, нами был принят городской автобус полной массой  $M_a = 11000$  кг.

Выбранные параметры энергопоглощающего элемента:

диаметр цилиндра  $D_{ц} = 200$  мм = 0,2 м;

рабочий ход поршня  $l_n = 500$  мм = 0,5 м.

Количество энергопоглощающих элементов варьируется от двух до двенадцати, что позволяет выявить зависимость эффективности работы системы от числа её энергопоглощающих элементов.

Расчетные значения предельной скорости столкновения и других параметров энергопоглощающей системы представлены в табл. 2.

Максимальное количество энергопоглощающих элементов системы ограничено габаритной шириной транспортного средства.

Таблица 2

*Параметры энергопоглощающей системы*

№ п-п	Предельная скорость столкновения, м/с (км/ч)	Количество энергопоглощающих элементов $n$	Поглощенная энергия столкновения, КДж
1	2,14 (7,7)	2	25,2
2	3,03 (10,9)	4	50,5
3	3,7 (13,4)	6	75,3
4	4,2 (15,5)	8	97,0
5	4,7 (17,3)	10	121,5
6	5,3 (19)	12	154,1

Нами по данной конструкции бампера транспортного средства и энергопоглощающего элемента бампера автотранспортного средства подготовлены заявки в Комитет по правам интеллектуальной собственности Министерства юстиции Республики Казахстан и получены соответствующие заключения о выдаче патента на полезную модель и инновационного патента на изобретение.

Список литературы

- Афанасьев Л.Л. Конструктивная безопасность автомобиля / Л.Л. Афанасьев, А.Б. Дьяков, В.А. Иларионов. – М.: Машиностроение, 1983. – 284 с.
- Иванов В.Н. Активная и пассивная безопасность автомобилей. – М.: Высш. шк., 1974. – Ч.2. – 388 с.



3. Веселов А.И. Требования безопасности и развития конструкций автомобилей / А.И. Веселов, Ю.М. Немцов. – М.: НИИАвтопром, 1973. – 163 с.
4. Батуев Г.А. Инженерные методы исследования ударных процессов / Г.А. Батуев, А.К. Голубков и др. – М., Машиностроение, 1969. – 248 с.

Получено 11.10.2010

УДК 621.9.075. 25

**С.Д. Капаева**

ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОТЕРМ  
РАСКЛИНИВАЮЩЕГО ДАВЛЕНИЯ СМАЧИВАЮЩИХ ПЛЕНОК ВОДОРАСТВОРИМОЙ  
ПОЛИМЕРНОЙ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ**

Смачивающие пленки играют важную роль во многих технологических и природных процессах [1-3]. Они определяют физические и механические свойства смачивания поверхностей, а также механизм и кинематику протекающих в этих телах процессов массо- и энергообмена. Параметры толщина, вязкость и устойчивость смачивающих пленок во многом определяют пути протекания данных процессов. Смазочное свойство жидкости приводит к уменьшению схватывания, задира, фрикционного нагрева, сил трения и интенсивности износа режущей части инструмента. Имеются несколько отличающихся друг от друга теорий, объясняющих эффект снижения трения и механизм проникновения жидкостей в зону резания.

К смачивающим пленкам относят пленки жидкостей, покрывающие поверхность конденсированного тела. В отличие от эмульсионных пленок, они являются несимметричными: одна их поверхность граничит с конденсированной фазой (твердой), другая – с жидкостью или газом.

Согласно В. Гиббсу, на границах любых смежных фаз существуют переходные слои, в пределах которых интенсивнее свойства и состав жидкости от объема. В межфазных переходных слоях тензор давления анизотропен. Его нормальная составляющая  $P_N$  постоянна и для плоских пленок равна давлению в газовой фазе  $P$ . Тангенциальная же составляющая является функцией расстояния от разделяющей поверхности:

$$P_T = f(z). \quad (1)$$

Пленка считается толстой, если ее толщина превышает сумму толщин переходных межфазных слоев, существующих вблизи поверхностей раздела пленка-поверхность и пленка-газ. В тонких пленках в их средней части остается прослойка объемной фазы, давление в которой равно

$$P_o = P_N = P. \quad (2)$$

Рассмотрим свойства тонких пленок, толщина которых меньше суммы толщин переходных межфазных слоев, что приводит к их перекрытию и отличию физико-химических свойств от фазы жидкости в объеме.

При перекрытии межфазных слоев исчезают разделяющие переходные слои прослойки со свойствами объемной жидкой фазы. Нормальная составляющая тензора давления  $P_N$ , оставаясь равной давлению в газовой фазе  $P$ , уже отличается в данном случае от давления  $P_o$  в объемной жидкой фазе, из которой пленка образовалась путем локального