

Изобретение относится к области разбрызгивающих устройств и может быть использовано на предприятиях многих отраслей промышленности в системах охлаждения воды.

В условиях дефицита энергетических ресурсов и повышенного расхода электроэнергии, потребляемой вентиляторами промышленных градирен, весьма злободневной становится задача повышения эффективности охлаждения промышленных вод в системах оборотных циклов промышленных предприятий, при снижении энергетических затрат на охлаждение.

Испарительное охлаждение воды - это универсальный способ, позволяющий при сравнительно малых капитальных затратах обеспечить эффективное охлаждение больших количеств воды.

Эффективность испарительного охлаждения в промышленных установках определяется многими факторами, доминирующее значение среди которых имеют дисперсность распыла и размер капли, а также относительная скорость газового потока, взаимодействующего с потоком распыленной жидкости.

Известные форсунки для распыливания жидкости, используемые в промышленных градирнях не обеспечивают в достаточной мере эффективное взаимодействие распыленной жидкости с потоком воздуха, создаваемым вентилятором, что приводит к образованию повышенного содержания пара испарившейся жидкости в подфакельном пространстве распыливающего элемента, повышению температуры смоченного термометра в подфакельном пространстве и, соответственно, к снижению глубины охлаждения воды.

Поэтому особенно актуальной становится задача создания распыливающих устройств, обеспечивающих высокое качество распыливания и эффективное взаимодействие водяного распыленного и газового потоков.

Известна центробежная форсунка для охлаждения воды (А.с. СССР №1376326, кл. В05В1/34, опубл. 29.12.85; Патент Украины №4130, 15.07.94). Форсунка содержит цилиндрическую камеру с тангенциальным входным каналом, сопло для выхода жидкости и расположенное противоположно соплу отверстие для забора воздуха с установленной в нем на подшипнике втулкой с лопатками и лопастным колесом.

Поток воды, поступая из тангенциального входного канала в цилиндрическую камеру и приобретая вращательное движение, выходит из форсунки через сопло для выхода жидкости, образуя между соплом и отверстием для забора воздуха цилиндрическую полость, незаполненную жидкостью.

Приторцевой закрученный поток жидкости поступает на лопатки втулки и вращает соединенное с ней лопастное колесо, которое, вращаясь, осуществляет осевое перемещение воздуха вдоль полости, между отверстием и соплом, обеспечивая вентиляцию пространства под факелом и интенсифицируя охлаждение воды за счет увеличения ее испарения во внутренней поверхности факела.

Недостатком описанного устройства является то, что в указанной конструкции размер капли в факеле распыленной жидкости жестко связан с

геометрией форсунки, так как полностью определяется толщиной образующейся на выходе из сопла пленки, которая в свою очередь, зависит от гидравлических параметров центробежной форсунки, а следовательно, от ее обобщенной геометрической характеристики (число А). Для получения требуемой для эффективного охлаждения воды дисперсности распыла и размера капли форсунка работает в узком диапазоне рабочих давлений - уменьшение последнего от номинального приводит к снижению вращательной скорости водяного потока и уменьшению угла раскрытия факела, соответственно увеличивая количество капель крупного размера и снижая глубину охлаждения. Увеличение рабочего давления от номинального позволяет незначительно увеличить угол раскрытия факела, однако в результате непропорционального роста гидравлического сопротивления цилиндрической камеры, увеличивается толщина пленки воды на выходе из сопла форсунки, что приводит к более интенсивному росту количества крупных капель.

И в первом, и во втором случае не обеспечивается эффективная вентиляция подфакельного пространства, т.к. вентилирующие воздушный поток лопатки не выполняют эффективно своей функции - при уменьшении рабочего давления падает число оборотов лопастного колеса и, соответственно, вентилирующих лопаток, что снижает относительную скорость газового потока. При увеличении рабочего давления увеличение толщины водяной пленки приводит к тому, что вентилирующие лопатки "захватывают" воду, нарушая форму факела распыленной жидкости - вентилирующие лопатки работают не как вентилятор (утрачивая свое функциональное назначение), а как диспергатор.

Кроме того, эффективная вентиляция распыленного водяного потока недостижима даже в номинальном режиме, так как добиться большой производительности вентилирующего устройства невозможно - габариты вентилятора ограничены жесткой "привязкой" геометрических размеров форсунки к ее производительности по воде, а скорость вращения ограничена скоростью истечения жидкости из тангенциального канала, которая в свою очередь ограничена той же геометрией цилиндрической камеры для получения необходимого качества распыла. Также невозможно применение подшипника качения для снижения момента сопротивления и, соответственно, повышения движущего момента для увеличения числа оборотов лопастного колеса, так как движущаяся жидкость находится в непосредственном контакте с узлами конструкции, не имеющим защиты от ее попадания в движущиеся механические части.

Известно диспергирующее устройство (А.с. СССР №1763041, кл. В05В3/04, опубл. 23.09.92; А.с. СССР №835502, кл. В05В3/04, опубл. 07.06.81), содержащее корпус с сопловым отверстием, тангенциально установленный к корпусу подводный патрубок и размещенную в нем с возможностью свободного вращения турбинку в виде ступицы с наклонными к плоскости ее вращения лопастями. Ступица турбинки снабжена выходящим за пределы сопла валом. На выходящем из сопла участке вала

радиально размещены винтового профиля пластины с увеличивающейся длиной каждой последующей пластины в направлении потока распыливаемой жидкости в пределах корневого угла факела.

Такая конструкция распиливающего устройства позволяет в определенной степени повысить вентиляцию распыленного водяного потока - вентилятор становится, по сути дела, многоступенчатым и, кроме того имеет большие габариты, что приводит при сравнимом числе оборотов турбинки и лопастного колеса (в центробежной форсунке по патенту №4130) к увеличению его производительности, однако, к существенной интенсификации тепломассообмена не приводит, так как главный недостаток центробежной форсунки - жесткая привязка ее производительности и скорости вращения турбинки к ее геометрическим размерам не позволяет использовать полученные преимущества в полной мере.

Кроме того, при работе описанной форсунки происходят значительные потери напора жидкости, обусловленные высоким моментом инерции рабочих лопастей вентилятора, выходящих за пределы корпуса. Это снижает скорость вращения турбинки, вследствие чего ухудшается и качество распыла и вентиляция распыленного потока. Конструкция описанной форсунки не позволяет осуществить осевое перемещение воздуха вдоль факельного пространства, так как в ней отсутствуют элементы, формирующие направленный поток воздуха, поэтому воздушный поток циркулирует в подфакельном пространстве не удаляясь из него, что в итоге приводит к снижению интенсивности тепломассообмена.

Наиболее близким к заявляемому по технической сущности является распылитель (Ас. СССР №1613179, кл. В05В1/26, 3/04, опубл. 15.12.90).

Распылитель содержит цилиндрический корпус с осевым каналом подачи жидкости и выходными отверстиями в торце корпуса и гидравлический движитель в виде многовинтового шнекообразного сердечника, установленный в корпусе с возможностью свободного вращения вокруг своей оси. На торце корпуса размещен распыливающий элемент, жестко соединенной хвостовиком с гидравлическим движителем.

Рабочая жидкость под давлением поступает в корпус форсунки и приводит во вращение многовинтовой шнекообразный сердечник, который приводит во вращение распиливающий элемент. Проходя через выпускные отверстия в корпусе, жидкость поступает на криволинейную поверхность распыливающего элемента, который в результате вращения равномерно распределяет ее в круговую, образуя равномерный факел распыла.

Вопросы интенсификации процессов тепломассообмена и эффективного использования энергии охлаждаемой воды остаются актуальными при реализации известного технического решения.

Интенсификация тепломассообмена при охлаждении распыленного потока воды характеризуется глубиной охлаждения, которая непосредственно зависит от размера

образующихся капель, длины траектории полета капли и относительной скорости движения капли в набегающем воздушном потоке.

Эффективность использования энергии охлаждаемой воды характеризуется полнотой использования рабочего давления воды в форсунке для создания вращательного движения гидравлического движителя.

В известном техническом решении эти вопросы эффективно не решены, а конструкция форсунки такова, что в месте перехода выпускное отверстие - поверхность

распиливающего элемента нарушается неразрывность струи, возникает сильная ее турбулизация, вызывая значительное гидравлическое сопротивление, вследствие чего теряется мощность водяного потока. По этой причине, а также из-за того, что зазор между внутренней стенкой цилиндрического корпуса и огибающей цилиндрической поверхностью многовинтового шнекообразного сердечника составляет величину, сравнимую с радиусом этой цилиндрической поверхности в поперечном сечении, добиться достаточно высокого числа оборотов распыливающего элемента не удается. Это существенно сказывается как на производительности распылителя жидкости так и на качестве распыленного потока - при небольшом числе оборотов распыливающего элемента снижается производительность и увеличивается размер капли.

Описанное устройство также не обеспечивает достаточно эффективной вентиляции факела распыленной жидкости, так как она возможна только от внешних источников газового потока - вентилятора градирни, наружного ветра, интенсификация тепломассообмена, т.е. увеличение глубины охлаждения возможно только за счет уменьшения размера капли распыленного водяного потока, которое в свою очередь определяется числом оборотов распыливающего элемента и степенью турбулизации падающей на него водяной струи, а эти параметры, как было показано выше, не оптимальны, поэтому достичь существенного увеличения глубины охлаждения воды в указанной конструкции не удастся.

В основу предлагаемого изобретения поставлена задача такого усовершенствования конструкции форсунки для распыливания жидкости, которое позволило бы обеспечить наиболее оптимальные характеристики капельного потока жидкости и организовать эффективное взаимодействие водяного и газового потока при максимальном использовании энергии воды, поступающей на распыливание, способствующие интенсификации процесса тепломассообмена при снижении энергетических затрат.

Задача может быть решена тем, что форсунка, содержащая цилиндрический корпус с патрубками подвода воды и выходным отверстием в торце корпуса, гидравлический движитель, установленный с возможностью вращения вокруг своей оси и жестко соединенный с распыливающим элементом, выходящим за пределы выходного отверстия, согласно изобретению, содержит размещенный в корпусе полый цилиндр, образующий со стенками корпуса кольцевой канал, в котором установлены направляющие лопатки и защитное кольцо. Во

внутреннем пространстве полого цилиндра на неподвижно укрепленных опорах установлен вал с возможностью свободного вращения, жестко соединенный с гидравлическим двигателем. На валу закреплены рабочие колеса многоступенчатого вентилятора. Гидравлический двигатель выполнен как единое целое с распиливающим элементом в виде полого тела вращения, имеющего цилиндрическую и конусообразную части, и размещен в кольцевом канале под защитным кольцом. Наружная поверхность цилиндрической части снабжена лопастями, выполненными, в форме винтовой поверхности, с шагом винта, непосредственно переходящими в спиралевидные лопасти конусообразной части распыливающего элемента, конусообразная внутренняя поверхность которого образует коллектор вентилятора и, в месте соединения ее с внутренней поверхностью цилиндрической части, имеет кольцеобразную проточку, охватывающую полый цилиндр в нижней его части. Верхняя часть полого цилиндра выходит за пределы корпуса и образует диффузор вентилятора. Для стабилизации скорости вращения рабочего вала (при стабильном давлении подачи жидкости) лопасти гидравлического двигателя могут быть выполнены с постоянным шагом винта по всей длине лопасти. Лопасти конусообразной части выполнены с переменной высотой по длине лопасти. В верхней части полого цилиндра, выходящей за пределы корпуса, выполнены сквозные отверстия, расположенные равномерно по длине окружности. Вентилятор снабжен направляющим и спрямляющим аппаратами, размещенными во внутреннем пространстве полого цилиндра.

Форсунка с указанными конструктивными признаками позволяет обеспечить оптимальные для проведения эффективного тепломассообмена параметры капельного потока жидкости, а также интенсифицировать охлаждение воды созданием эффективной вентиляции подфакельного пространства направленным движением воздушного потока при максимальном использовании энергии распыливаемой воды для приведения гидравлического двигателя во вращательное движение.

По имеющимся у авторов сведениям предлагаемая совокупность существенных признаков, характеризующих сущность изобретения, не известна из уровня техники, следовательно, изобретение соответствует критерию "новизна".

В результате проведенного анализа установлено, что свойства заявляемого изобретения не совпадают со свойствами выявленных аналогов, следовательно, заявляемое техническое решение соответствует критерию "существенные отличия".

Сущность заявляемого изобретения не следует для специалиста явным образом из известного уровня техники. Совокупность признаков, характеризующих известное устройство, не обеспечивает достижения новых свойств, и только наличие отличительных признаков позволяет получить технический результат. Следовательно, предлагаемая форсунка соответствует критерию

"изобретательский уровень".

Предлагаемое техническое решение может быть использовано для распыливания и охлаждения воды в градирнях и брызгальных бассейнах ТЭС, АЭС и других промышленных предприятиях, с получением технического результата, следовательно, изобретение соответствует критерию "промышленная применимость".

На чертеже (фиг.) представлен продольный разрез струйно-механической самовентилируемой форсунки.

Форсунка содержит цилиндрический корпус 1 с патрубками подвода воды 2 и выходным отверстием 3. В корпусе 1 установлен полый цилиндр 4, образующий со стенками корпуса кольцевой канал 5, в котором закреплены направляющие лопасти 6 и защитное кольцо 7. Во внутреннем пространстве полого цилиндра 4 неподвижно укреплены опоры 8, в которых установлен с возможностью свободного вращения вал 9 с размещенными на нем рабочими колесами 10 многоступенчатого вентилятора. Вал 9 жестко соединен с гидравлическим двигателем 11, выполненным как единое целое с распиливающим элементом 12, в виде полого тела вращения, имеющим цилиндрическую и конусообразную части. Цилиндрическая часть размещена в кольцевом канале 5 под защитным кольцом 7, а конусообразная часть выходит за пределы выходного отверстия 3 корпуса 1 и служит распиливающим элементом. Наружная поверхность цилиндрической части гидравлического двигателя 11 снабжена лопастями 13, выполненными в форме винтовой поверхности с шагом винта и непосредственно переходящими в спиралевидные лопасти 14 конусообразной части распыливающего элемента 12. Для стабилизации скорости вращения рабочего вала (при стабильном давлении подачи жидкости) лопасти 13 могут быть выполнены с постоянным шагом винта по всей длине лопасти. Лопасти 14 выполнены с переменной высотой по своей длине. Конусообразная внутренняя поверхность распыливающего элемента 12 образует коллектор 15 вентилятора. В месте соединения ее с внутренней поверхностью цилиндрической части гидравлического двигателя 11 выполнена кольцеобразная проточка 16, охватывающая полый цилиндр 4 в нижней его части. Верхняя часть полого цилиндра 4 выходит за пределы корпуса 1 и образует диффузор 17 вентилятора. В части полого цилиндра 4, выходящей за пределы корпуса 1 выполнены сквозные отверстия 18, расположенные равномерно по длине окружности. Во внутреннем пространстве полого цилиндра 4, образующем камеру 19 вентилятора установлены направляющий 20 и спрямляющий 21 аппараты вентилятора.

Форсунка работает следующим образом.

Охлаждаемая жидкость под давлением подается через патрубки подвода воды 2 в кольцевой канал 5, и, проходя по сечению канала через направляющие лопасти 6 и обтекая защитное кольцо 7, исключая попадание жидкости в зазор между внутренней цилиндрической поверхностью гидравлического двигателя 11 и наружной поверхностью полого цилиндра 4, направленным потоком поступает на

лопасти 13 гидравлического движителя 11, приводя его и жестко соединенный с ним вал 9 во вращение. Получивший вращательное движение поток жидкости проходя по каналам, образованным лопастями 13 гидравлического движителя 11 попадает неразрывной струей в каналы, образованные лопатками 14 распыливающего элемента 12, и, сходя с кромок лопаток 14 и с кромки распыливающего элемента 12 в виде пленки, распадающейся на капли, образует равномерно заполненный каплями жидкости оптимального размера полый конусообразный факел.

Капли жидкости, находящейся в факеле, двигаясь в воздушном пространстве частично испаряются, охлаждаясь. Испарившаяся часть жидкости насыщает парами воздух во внутренней полости конусообразного факела, образуя паровоздушную смесь. Аналогичный процесс происходит в зоне, непосредственно примыкающей к внешней границе полового конусообразного факела распыленной жидкости. Образовавшаяся во внутренней полости факела паровоздушная смесь, имеющая более высокую температуру (за счет тепла, отобранного от потока распыленной жидкости) и, соответственно, более низкую плотность по сравнению с воздушными слоями над диффузором 17 вентилятора, устремляется через входной коллектор 15 вентилятора к лопастям рабочего колеса 10 первой ступени вентилятора, которое, вращаясь, производит интенсивный отсос насыщенной парами жидкости газовой фазы из подфакельного пространства, создавая необходимый подпор для следующей ступени вентилятора, образованной лопастями рабочего колеса 10, создающего давление для нагнетания, сформированного лопатками направляющего 20 и спрямляющего 21 аппаратов рабочей камеры 19 вентилятора газового потока через диффузор 17, имеющий сквозные отверстия 18, через которые эжектируется наружный, менее насыщенный парами жидкости воздух, снижая сопротивление выхода и увеличивая производительность вентилятора.

Создаваемые первой ступенью вентилятора разрежение во внутренней полости факела распыляемой жидкости, вызывает направленное движение потока насыщенных парами жидкости примыкающих к границе факела газов через факел и подсос газов, не насыщенных парами с периферии факела внутрь него.

В результате этих процессов происходит понижение влажности взаимодействующего с каплями распыленной жидкости газового потока и увеличение относительной скорости движения капель в газовом потоке, что существенно интенсифицирует процесс теплообмена между потоками распыленной жидкости и окружающего воздуха, приводя к значительному увеличению глубины охлаждения воды со значительным снижением энергозатрат вследствие использования для вращения вентилятора и распиливающего элемента энергии распиливаемой жидкости. (Дополнительные источники энергии для вращения вентилятора и распиливающего элемента при этом отсутствуют).

Дополнительные преимущества заявляемой конструкции форсунки заключаются в том, что

сравнительно легко может быть получен требуемый для охлаждения определяющий размер капель жидкости в широком диапазоне расхода воды через форсунку ( $20 - 300 \text{ м}^3/\text{ч}$ ), что позволяет применить в качестве гидравлического движителя осевую турбинку, у которой угловая скорость вращения в сильной степени зависит от шага винта лопастей, получить достаточно высокое число оборотов вала 9 (в пределах  $1000 - 10000 \text{ об/мин}$ ), необходимое для создания вентилятором высоких скоростей газового потока в пространстве факела, что требуется для эффективного охлаждения воды.

Кроме того, качество распыла и производительность форсунки не имеет жесткой привязки к геометрическим размерам форсунки. Одно и то же качество распыла и производительность могут быть получены в широком диапазоне рабочих диаметров кольцевого канала, что позволяет менять не только число оборотов рабочего вала (и, соответственно, вентилятора), но и варьировать геометрию самого вентилятора, добываясь необходимой ему производительности для эффективной вентиляции распыленного потока.

Конструкция форсунки позволяет обеспечить постоянство глубины охлаждения жидкости в широком диапазоне ее расхода, так как и размер капли жидкости и скорости газовых потоков (определяемые производительностью вентилятора) определяются одной и той же скоростью вращения гидравлического движителя.

Пример реализации устройства. В стандартной промышленной градирне используется форсунка для охлаждения воды, имеющая цилиндрический корпус с внутренним диаметром 200мм и установленный в корпусе полый цилиндр с наружным диаметром 164мм и внутренним диаметром 150мм, длиной 220мм, образующий со стенками корпуса кольцевой канал длиной 150мм, в котором на высоте 80мм от торца выпускного отверстия закреплены направляющие лопатки длиной 70мм и шириной 14мм, на высоте 100мм от торца выходного отверстия закреплено защитное кольцо шириной торцевой проточки 8мм и высотой 18мм. На высоте 55мм от торца выпускного отверстия расположен гидравлический движитель в виде осевой глубины с профилированными лопастями с диаметром сматываемой цилиндрической поверхности 196мм с высотой лопастей 13мм, выполненный как единое целое с распиливающим конусообразным элементом, выходящим за пределы выходного отверстия на 75мм и диаметром 350мм со спиралевидными лопастями, являющимися продолжением лопастей осевой турбины с уменьшающейся по длине лопатки высотой до 0мм. Гидравлический движитель жестко скреплен посредством профилированных лопастей рабочего колеса первой ступени вентилятора с вертикальным валом диаметром 8мм, на котором на расстоянии 120мм от первого рабочего колеса жестко закреплено рабочее колесо второй ступени вентилятора с профилированными лопастями. Диаметры рабочих колес обеих ступеней вентилятора 148мм, направляющие лопатки спрямляющего и направляющего аппаратов вентилятора длиной 40мм и шириной 20мм установлены на высоте 185мм и 65мм от торца выходного отверстия соответственно, опоры в

виде подшипников качения закреплены на кронштейнах, установленных на внутренней поверхности полого цилиндра на высоте 50мм и 210мм от торца выходного отверстия соответственно.

Входной коллектор вентилятора имеет диаметр 350мм и высоту 80мм, кольцевая проточка шириной 10мм и высотой 45мм, охватывающая нижнюю часть полого цилиндра, образует вместе с защитным кольцом воздушный затвор для исключения попадания воды в зазор шириной 2мм между наружной стенкой полого цилиндра и внутренней стенкой корпуса осевой турбины толщиной 5мм, заходящей на 15мм в торцовую проточку защитного кольца.

На диффузоре выполнено 30 сквозных отверстий диаметром 10мм, размещенных равномерно по периметру кольца полого цилиндра.

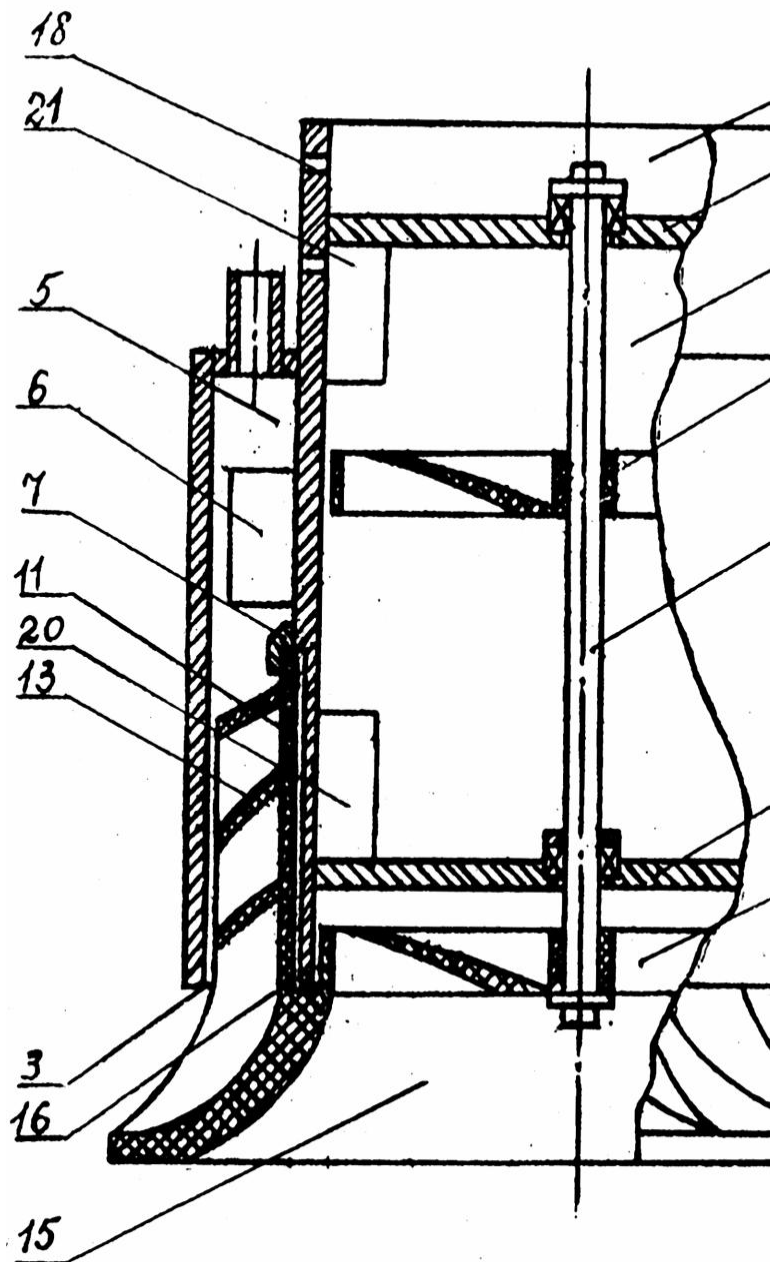
Рабочие параметры форсунки составляют;

- рабочее давление 0,05 - 0,1МПа;
- производительность 20 - 80м<sup>3</sup>/час;
- скорость вращения рабочего вала 400 - 1500об/мин;
- производительность вентилятора 250 - 1000м<sup>3</sup>/час.

Параметры, характеризующие работу форсунки:

- медианный диаметр капель в зависимости от производительности 1,2 - 2,5мм;
- процентное содержание капель медианного диаметра в факеле, не менее 90%;
- скорость воздушного потока, создаваемого вентилятором, 15 - 20м/сек;
- давление нагнетания вентилятора и разрежения в подфакельном пространстве в зависимости от производительности форсунки, не менее 18 - 31МПа.

Таким образом, использование предлагаемой струйно-механической самовентилируемой форсунки, обеспечивает высокое качество распыливания, а также повышение эффективности охлаждения воды. Это позволит уменьшить количество устанавливаемых в промышленных градирнях распыливающих элементов, снижая тем самым их аэродинамическое сопротивление, а, следовательно, и энергетические затраты на распыливание и охлаждение воды.



Фиг.