

6 Использование микроветро двигателей для привода насосов, осуществляющих водоподъем из колодцев

В настоящее время в мире большой интерес вызывают относительно недорогие многолопастные ветродвигатели с ветротурбинами малого диаметра, выполняющие различные функции в хозяйстве отдельно расположенных усадеб [11].

Созданные в Институте гидродинамики им. М.А.Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук экспериментальные ветронасосные установки ВНУ применялись для привода гидронасосов, осуществляющих водоподъем из колодцев.

Преимущество ВНУ ИГиЛ в том, что ею будет производиться полезная работа уже при низкоскоростном ветре в 1,5 м/с. Этот результат достигается за счет особенностей конструкции микроветро двигателя и высокого к.п.д. насоса.

Ветер со скоростью 1,5 м/с наблюдается повсеместно, и ВНУ сможет работать почти круглосуточно. При скорости ветра 1,5 м/с ВНУ из колодца глубиной 10 м в сутки будет поднято 15 м³ воды. Известными ветронасосными установками ранее такие результаты не достигались [12, 13].

В сельском хозяйстве лед, полученный из поднятой ВНУ воды, может найти широкое применение для охлаждения сельскохозяйственных продуктов. При преобразовании 10 литров воды в лед во внешнее пространство требуется передать $\cong 800$ ккал, что значительно меньше энергозатрат стандартных холодильных установок, используемых для охлаждения сельскохозяйственных продуктов, например, молока.

При создании ВНУ проводился анализ параметров гидронасосов, выпускаемых промышленностью, которые могли бы использоваться применительно к конкретным условиям водоподъема. Однако насосы с необходимыми характеристиками, позволяющими их агрегатировать с низкооборотной ветротурбиной, промышленностью не выпускаются. В связи с этим возникла необходимость в разработке специального гидрообъемного насоса с высоким коэффициентом полезного действия для обеспечения водоподъема при ветре со скоростью 1,5 м/с.

В гидрообъемном насосе вытеснение жидкости из рабочих камер и заполнение ею всасывающих камер происходит в результате уменьшения и, соответственно, увеличения объема этих камер, отделенных друг

от друга. При вращении вала насоса объем его камер изменяется: при рабочем ходе объем уменьшается и заполняющая его жидкость вытесняется.

Анализ характеристик гидрообъемного насоса позволяет выбрать необходимые рабочие параметры. Теоретическая объемная производительность насоса Q_T при нормальных условиях работы находится в прямой зависимости от числа оборотов вала насоса и может быть определена через его рабочий объем $q = q \times n = wmn$, где w - рабочий объем одной камеры насоса, см^3 ; m - число камер; n - число оборотов вала насоса в минуту.

Фактическая производительность насоса Q_H определяется, при определенных значениях перепада давления Δp в камерах нагнетания и всасывания, вязкостью жидкости, числом оборотов и другими параметрами, влияющими на объемные потери жидкости.

$Q_H = Q_T - \Delta Q_H$, где Q_H — расчетная производительность; ΔQ_H — полная утечка жидкости.

Объемные потери в насосе характеризуются объемным к.п.д. η , который показывает на сколько фактическая производительность насоса отличается от теоретической Q_T , т.е.

$$\eta = \frac{Q_H}{Q_T}.$$

Преобразование механической энергии насоса в гидравлическую обеспечивается движением рабочих элементов (вытеснителей), которое сопровождается потерями энергии на трение механических частей и жидкости.

Механические потери мощности $\Delta N_H = N_{ПР.Н} - N_{Т.Н}$, где $N_{ПР.Н}$ — где мощность на валу насоса; $N_{Т.Н}$ - теоретическая мощность насоса; N_T - мощность, эквивалентная расчетной производительности насоса при перепаде давления жидкости Δp : $N_T = \Delta p \cdot q \cdot n = Q_T \cdot \Delta p$, где n - число оборотов вала.

Механический к.п.д. насоса $\eta_{мех.н}$ определяется отношением теоретической мощности $N_{Т.Н}$ к мощности $N_{ПР.Н}$

$$\eta_{мех.н} = \frac{N_{Т.Н}}{N_{ПР.Н}} = 1 - \frac{\Delta N_H}{N_{ПР.Н}}.$$

Основными узлами поршневого насоса являются механизм подачи и узел распределения жидкости. Механизмом подачи осуществляется возвратно-поступательное движение поршня.

Узел распределения жидкости обеспечивает заполнение цилиндров жидкостью в процессе хода всасывания и вытеснение ее при рабочем ходе. Рабочим ходом осуществляется подача жидкости в нагнетательную магистраль и узел регулирования.

Объемный к.п.д. насоса определяется отношением фактической производительности Q_n к теоретической Q_T [14].

Оценка энергетического к.п.д. ВНУ, созданной в ИГиЛ, производилась с учетом параметров N_0 , N_I и η при условии $N_I = \eta N_0$, где N_I — гидравлическая мощность, которая почти полностью превращается в гидростатическую; N_0 средняя мощность, снимаемая с вала ветродвигателя; η - коэффициент, поддерживаемый на уровне более 80-90%.

Потери мощности N_{II} поршневого насоса определялись отношением суммы показателей $\lambda_0 = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4$ к средней мощности,

снимаемой с вала ветродвигателя. $N_n = \frac{\lambda_0}{N_0}$ где λ_1 - работа силы трения

уплотнений скольжения, $\frac{\lambda_2}{N_0}$, - утечки в уплотнениях; $\frac{\lambda_3}{N_0}$ - утечки в

клапанах; $\frac{\lambda_4}{N_0}$ - кавитация при ходе всасывания.

В ИГиЛ созданы уплотнения скольжения с силой трения менее 1 кг. При гидравлической полезной силе $F_{гидр} = 300$ кГс уплотнениями обеспечиваются потери мощности λ_1 / N_0 менее 0,3% . λ_2 / N_0 - следствие появления капель жидкости в неподвижных уплотнениях после их износа.

Следует отметить, что в уплотнениях, не учитывающих ползучесть резины, заметные утечки наблюдаются даже в неподвижных соединениях. Разработанные в ИГиЛ уплотнения исключают визуально наблюдаемые утечки и величина $\lambda_2 / N_0 \ll 1\%$.

Утечки в клапанах гидронасоса ИГиЛ без нагрузки в статике исключаются практически полностью.

Самые опасные потери мощности могут появиться в процессе всасывания при наличии даже небольших пузырьков воздуха в цилиндре и возникают в связи с кавитацией.

Созданный в ИГиЛ гидрообъемный насос имел технические данные, приведенные в таблице 1.

В лабораторных условиях ветродвигателем с ветротурбиной диаметром 3 м приводился в действие поршневой насос, поднимающий воду на высоту 3 м. Насос поршневого типа был соединен штангой с кривошипом на валу ветротурбины. Штанга являлась плунжером насоса и трубопроводом по которому вода подавалась вверх. При этом штанга имела возможность располагаться как вертикально, так и наклонно,

Таблица 1. Технические данные гидронасоса ИГиЛ.

1. Диаметр цилиндра насоса, мм	86
2. Ход поршня, мм	100
3. Расход жидкости см ³ / 1 оборот вала	0,55
4. Гидравлический к.п.д. насоса	не менее 80%
5. Давление, МПа	0,015

что позволяет использовать такую компоновку конструкции водоподъемного устройства при наборе воды из колодцев и открытых водоемов.

Искусственный воздушный поток со скоростью 3 м/с создавался 7-ю вентиляторами. Однако, он направлялся только на 2 м² площади ветротурбины, что, естественно, сказывалось на величине крутящего момента. В таких условиях вал ветротурбины вращался со скоростью 2 с⁻¹. На высоту 3 м насосом подавалась в объеме 0,067 л/с, что соответствовало суточной производительности 5.7 м³/сутки.

Проведенные в лабораторных условиях эксперименты с ветроводоподъемной установкой определили целесообразность использования нанятой конструктивной схемы как основы для создания ветроводоподъемных установок. Эксперименты показали, что для увеличения производительности насоса необходимо увеличить диаметр ветротурбины и плунжера.

Корректировка конструкции ветродвигателя с ветротурбиной диаметром 5 м производилась на территории Института гидродинамики СО РАН и на берегу Обского моря (г. Новосибирск) (фото 4). В ходе экспериментов определены более 300 параметров, показывающих зависимость скорости вращения вала ветротурбины от скорости ветра.

Таблица 2. $\omega(v)$.

Скорость ветра, м/с	Угловая скорость вращения вала ветротурбины, с ⁻¹
1,6	1,2
4	3,1
5,5	3,3
6,5	4,1
7	4,2

Усредненные данные, полученные при экспериментах, приведены в таблице 2.

Экспериментальная ветронасосная установка (см. таблицу 3) была смонтирована в полевых условиях г.Краснообска (фото 5).

В экспериментах ветродвигатель был агрегатирован с поршневым насосом, имеющим к.п.д. более 80%. При скорости ветра 2-3 м/с в сутки из колодца глубиной 6 м было поднято 22 м³ воды, что соответствует производительности ВНУ 0.9 м³ /час. Объем воды, поднятой за один рабочий ход поршня насоса, соответствовал объему его цилиндра, что показывает отсутствие утечек в клапанах и уплотнениях.

Таблица 3. Технические данные экспериментальной ветронасосной установки.

1. Диаметр ветротурбины, м	5
2. Число лопастей парусного типа, шт	6
3. Диапазон эксплуатационных скоростей ветра, м / с	1,5-20
4. Глубина подъема воды, м	10
5. Масса ветроустановки и насоса, кг	не более 200

Экспериментальные данные приведены на табл. 4 и табл. 5.

Таблица 4. $Q(v)$,

Скорость ветра при экспериментах, м/с	Объем поднятой воды, м ³ /сутки
1,5-2	15,6
4,5	23,5
6,5	36

Испытания ветронасосной установки подтвердили работоспособность и экономичность ветроводоподъемного агрегата ИГиЛ, конструкция которого может быть принята в качестве базовой при разработке ветроводоподъемных агрегатов, эксплуатируемых при низкоскоростном ветре (1.5 м/с), а также при ветре со скоростью до 20 м/с. Технические данные ветронасосной установки при эксперименте приведены в таблице 5.

Рис. 6 отражает зависимость среднесуточной производительности некоторых ветронасосных установок при различных скоростях ветра. В заштрихованной зоне, где работает ветронасосная установка ИГиЛ, применение ветронасосных установок ранее считалось неэффективным [12].

Таблица 5. Данные ветронасосной установки.

1. Гидравлический коэффициент полезного действия насоса	0,85
2. Объем цилиндра, см ³	500
3. Ход поршня, мм	100
4. Суточная производительность при ветре 10 м/с, м ³	50

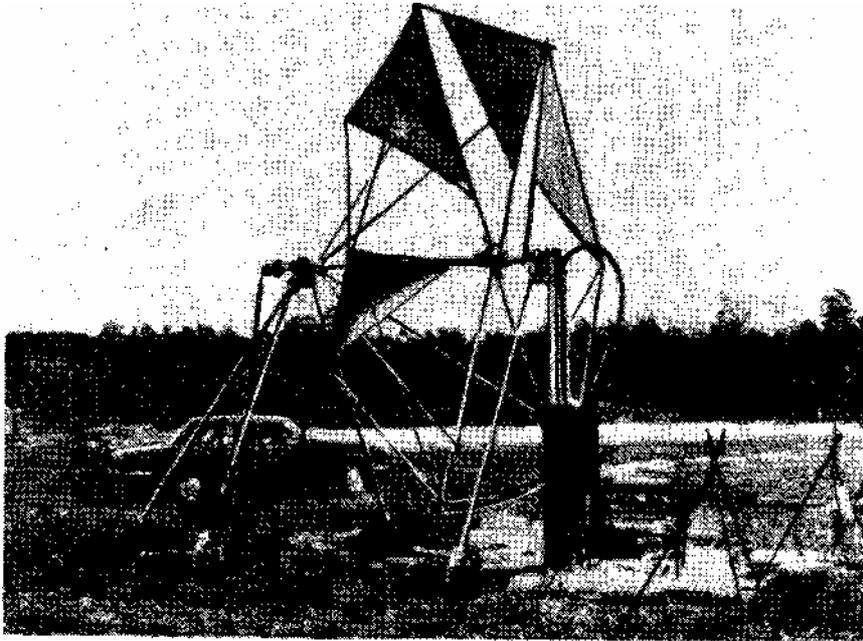


Фото 4. Ветродвигатель с ветротурбиной диаметром 5м на Обском море.

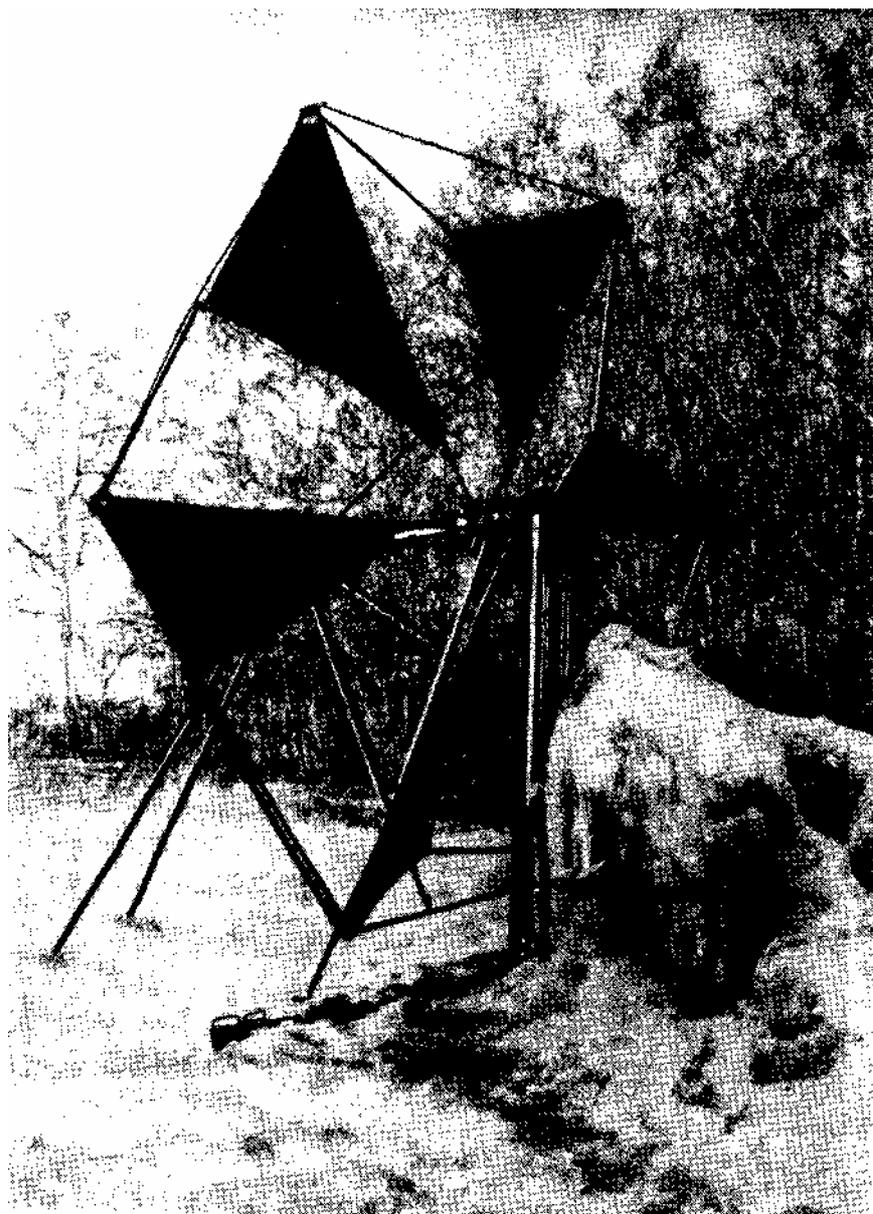


Фото 5. Экспериментальная ветронасосная установка.

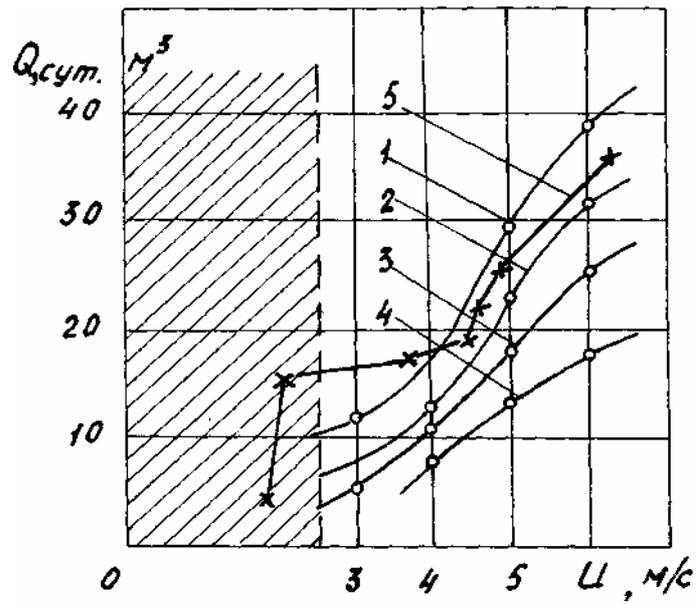


Рис. 6. Среднесуточная производительность ветронасосных установок.

- 1 - "Ветерок";
- 2 - ВБ-ЗТ;
- 3 - "Чайка*";
- 4 - "Беркут";
- 5 - ветронасосная установка ИГиЛ.