

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ СНЕГА ИСПОЛЬЗУЕМОГО ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВРЕМЕННЫХ ЗИМНИХ ДОРОГ ИЗ СНЕГА

Шитый В.П.<sup>1</sup>, Шаруха А.В.<sup>1</sup>, Спиричев М.Ю.<sup>1</sup>, Сибгатуллин Т.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Тюменский Государственный нефтегазовый университет». Тюмень, Россия (625000, г.Тюмень, ул.Володарского, 38) e-mail: general@tsoгу.ru

Строительство временных зимних дорог из снега в районах Крайнего Севера и Сибири при всей затратности в настоящее время является экономически выгодным и экологически безопасным. Короткий период эксплуатации этого типа дорог требует внедрения современных технологий, позволяющих продлить период эксплуатации за счет сокращения сроков возведения. Влажность (содержание жидкой фазы) - один из важнейших параметров снега напрямую влияющий на скорость строительства и получаемую прочностную характеристику дороги. Поэтому становится, очевидно, необходимость постоянного мониторинга влажности снега в режиме реального времени в процессе строительства временных зимних дорог из снега. Существующие методики определения влажности снега не могут обеспечить непрерывного мониторинга влажности снега. Модернизация процесса измерений влажности снега в процессе строительства временных зимних дорог из снега, основанная на внедрении квантово-оптического влагомера с когерентным, монохроматическим фотодиодом, способным обеспечить непрерывное измерение влажности снега, поможет в автоматизации процесса определения влажности снега при строительстве.

Ключевые слова: снег, механизация строительства дорог, уплотнение снега, увлажнение снега, временные зимние дороги, технологии строительства снежоледовых дорог

## SUBSTANTIATION OF EXPEDIENCY FOR CREATING MACHINES COMBINING TECHNOLOGICAL OPERATIONS AT BUILDING OF WINTER TEMPORARY ROADS

Shity V.P.<sup>1</sup>, Sharukha A.V.<sup>1</sup>, Spirichev M.Y.<sup>1</sup>, Sibgatullin T.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tyumen state oil and gas university, Tyumen, Russia (625000, Tyumen streetVolodarskogo, 38), e-mail: general@tsoгу.ru

Construction of temporary winter roads of snow in the Far North and Siberia, with all costs on now is cost-effective and environmentally friendly. A short period of operation of this type of roads requires the introduction of modern technologies to extend the period of operation by reducing construction time. Humidity (the content of the liquid phase) - one of the most important parameters of snow directly affects the speed of construction and the resulting strength characteristics of the road. Therefore, it is obviously the need for constant monitoring of snow humidity in real time during the construction of temporary winter roads of snow. Existing methods for determining moisture content of snow cannot provide continuous monitoring of humidity snow. Modernization process humidity measurements of snow in the construction of temporary winter roads of snow, based on the introduction of quantum-optical moisture with a coherent, monochromatic photodiode which can provide continuous measurement of humidity of snow, will help to automate the process of determining the moisture content of snow during construction.

Key words: The mechanization of the construction of roads, compaction of snow, snow temporary road, construction technology snowy roads

Возведение временных зимних дорог из снега (ВЗДиС) также, как и автомобильных дорог капитального типа выполняется по регламентированной технологии [4]. Технологические параметры машин и механизмов, в частности, величина внешней нагрузки, технологическая скорость возведения ВЗДиС, определяются в зависимости от термических и физико-механических свойств снега, из которого возводиться полотно дороги [2, 5, 7]. Среди термических свойств снега значимыми факторами для строительства ВЗДиС являются его температура и влажность – содержание жидкой водной фазы.

Численное значение содержания объемной водяной фазы в снегу можно измерить различными методами, эти методы можно классифицировать на: центрифугирование, диэлектрический метод, растворение, и калориметрические методы [1, 9]. Некоторые исследователи протестировали другие методы, в том числе использование объемного расширения при замерзании и использование разбавления раствора воды в снежном покрове[10]. Методы определения влажности приведены в таблице 1.

В настоящее время не существует регламентирующих документов по выбору метода определения влажности, в разные годы были исследованы и апробированы различные методы.

*Таблица 1*

*Методы определения жидкой фазы в снеге*

<b>МЕТОД</b>	<b>ПРИНЦИП РАБОТЫ</b>	<b>АВТОРЫ</b>	<b>ГОД</b>
Плавильной калориметрии	При внесении горячей воды в снег, измеряется энергия необходимая для плавления массы льда	Radok Fisk D.J. Ohmura Kawashima K.	1961 1982, 1983 1980 1998
Вымораживательной калориметрии	Измеряется энергия, потраченная на замораживание жидкой фазы в снеге	Leaf Fisk D.J. Boyne H.S., Fisk D.J. Jones H. G.	1966 1982, 1983 1987, 1990 1983
Спиртовая калориметрия	Измеряется температура при растворении снега в метаноле при 0°C	Fisk D.J.	1983, 1986
Растворение	Измерение уменьшения электрической проводимости раствора за счет разбавления жидкой фазы снега	Davis Boyne H.S., Fisk D.J.	1985 1987, 1990
Диэлектрическая постоянная	Измерение емкостное сопротивление варьируемого от разницы диэлектрических постоянных жидкой фазы и льда	Boyne H.S., Fisk D.J. Denoth A. Ambach, Denoth A. Schneebeli M.	1987, 1990 1994 1974 1998
Замораживание до кристаллизации	Замораживание до точки кристаллизации жидкой фазы после добавления солевого раствора	Bader Morris E.M.	1950 1981
Центрифугирование	Центробежная сила используется для разделения жидкой воды от льда в образце снега	Kuroda, Hurokawa Jones H. G.	1954 1979

На основе существующих методов создано большое многообразие измерительных приборов для определения влажности, в качестве мобильного устройства определения

влажности при строительстве ВЗДиС возможно использование следующих влагомеров: портативный калориметр, оптический влагомер и прибор, работающий на основе диэлектрической проницаемости.

Портативный калориметр «Endo-type, snow-water, contentmeter» разработанный Katsuhisa Kawashima, Toru Endo, Yukari Takeuchi (рис. 1), позволяет произвести замеры в течении двух минут, небольшим размером и весом [9].

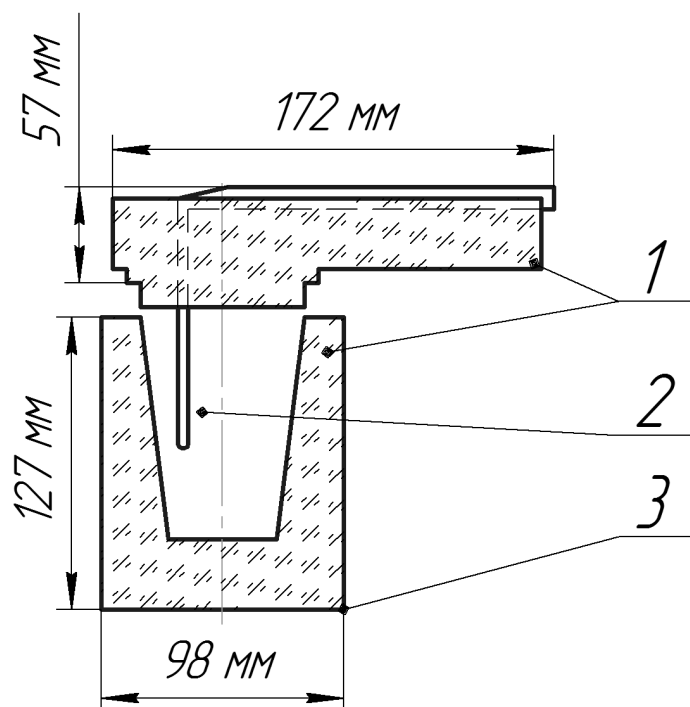


Рисунок 1 - Портативный калориметр: 1 - Теплоизолирующий материал, 2 - термистор термометр, 3 - металлический контейнер.

Прибор для определения влажности с использованием диэлектрических свойств снега, предложен А. Denoth и I. Wilhelm, представляет собой две пластины, погружаемые в снег с известной плотностью, пластины измеряют электрическую проницаемость на фиксированной частоте 20 МГц (рис. 2).

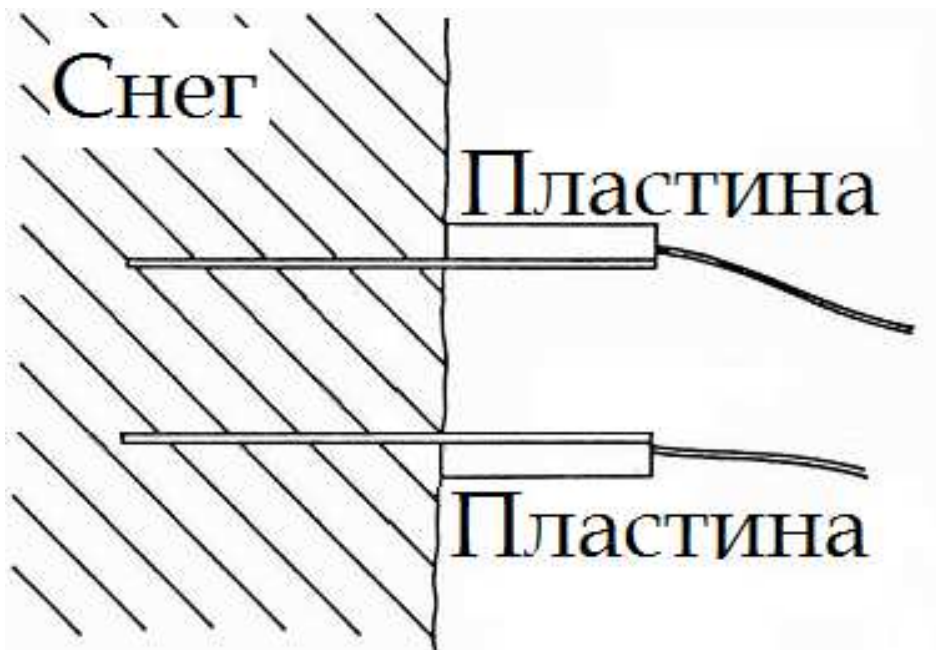


Рисунок 2. Прибор для определения влажности на основе диэлектрических свойств снега

Оптический влагомер, разработанный Оржаховским В.Г.[1] основан на световой проницаемости снега (рисунок 3).

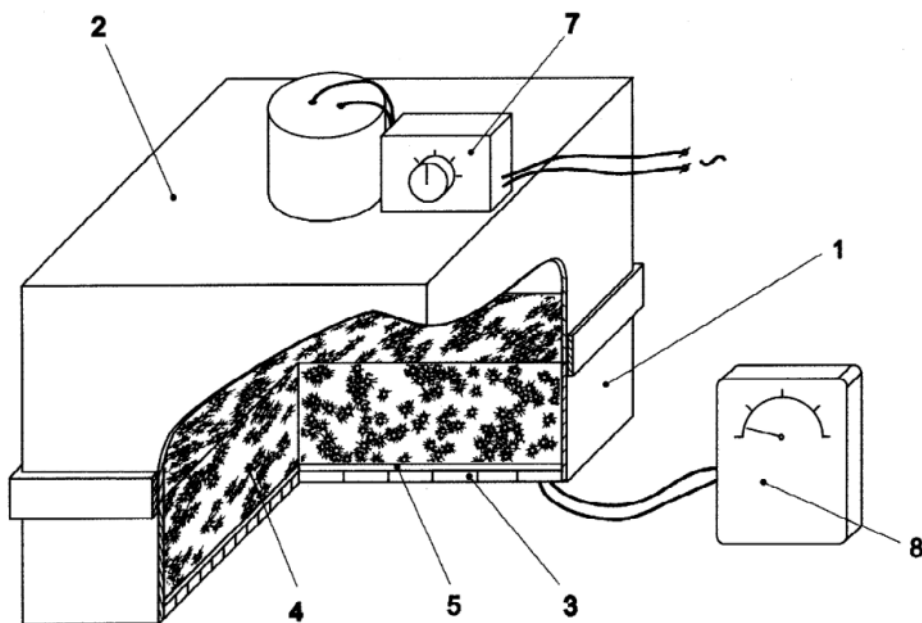


Рисунок 3. Оптический влагомер: 1-емкость, 2-крышка, 3-светочувствительный элемент, 4-снег, 5-стеклянная пластина, 6-источник излучения, 7-реостат, 8-вольтметр

Существующие приборы для определения влажности снега, при высокой точности измерения и простоте использования дают лишь частную картину и носят статический характер. Для технологического процесса строительства ВЗДиС необходимо создание влагомера способного в локальной точке создаваемого дорожного полотна в режиме реального времени давать дифференцированную оценку влажности в единицу времени, для соответствия строительным нормам и правилам [6].

Использование портативного калориметра (рис. 1) в технологическом процессе невозможно из-за необходимости цикличности измерений. Прибор для определения влажности (рис. 2) до сих пор не реализован, так как на показания устройства влияют стратиграфические свойства снежного покрова, а также вариативность значений диэлектрической проницаемости в виду изменяющейся плотности между пластинами.

Поставленной задаче наиболее соответствует метод измерения заложенный в конструкцию оптического влагомера, так как в процессе снятия данных о влажности снега, не происходит изменение физико-механических свойств исследуемой среды, что позволяет снизить инструментальную погрешность измерения. Методика проведения измерений предложенным влагомером предполагает проводить циклические измерения в замкнутом светонепроницаемом объеме, из-за возникающей погрешности от солнечного света, что является существенным недостатком.

Перспективным видится модернизация процесса измерений влажности снега, при использовании принципа рассмотренного в конструкции оптического влагомера. Инновационным решением процесса измерения влажности является применение источника когерентного, монохроматического излучения и фотодиода, работа которого основана на фотовольтаическом эффекте который преобразует попавший на его фоточувствительную область свет, за счёт чего образуется заряд и ЭДС.

Для получения конструктивных параметров такого квантово-оптического влагомера (рис. 4) необходимо определить рабочие характеристики фотодиода и источника квантового излучения, на основе расчетных значений вольтаической и токовой чувствительности по энергетическому, световому потокам соответственно.

$$S_{i,\Phi} = \frac{I_{\Phi}}{\Phi} \qquad S_{i,E} = \frac{I_{\Phi}}{E}$$
$$S_{u,\Phi} = \frac{U_{\Phi}}{\Phi} \qquad S_{u,E} = \frac{U_{\Phi}}{E}$$

где:  $I_{\Phi}$  – токовая чувствительность;

$\Phi$  – световой поток;

$E$  – освещенность;

$U_{\Phi}$  -вольтаическая чувствительность.

При изменении влажности снежной массы будет изменяться её световая проницаемость, как следствие произойдёт изменение интенсивности светового потока попадающего на поверхность фотодиода, значение токовой и вольтовой чувствительности изменятся соответственно, по изменению можно будет судить о влажности снега.

После создания опытного образца квантово-оптического влагомера и проведения тарировки разработанного прибора, изменение значений регистрируемых вольт-амперных

характеристик будет указывать на изменение величины влажности в реальный момент времени.

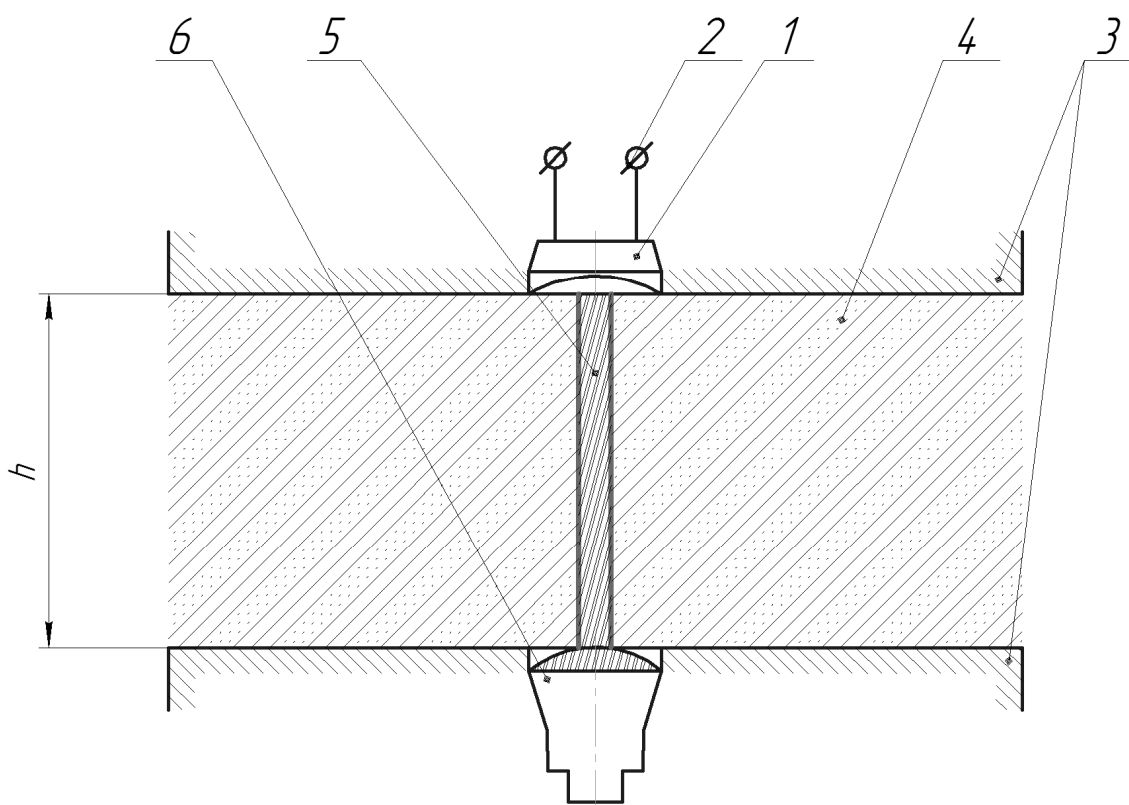


Рисунок 4. Квантово-оптический влагомер:

*1 - фотодиод; 2 - выводы фотодиода; 3 – корпус влагомера; 4 - условно обозначен снег; 5 - условно обозначено прохождение светового потока через снег; 6 - источник направленного когерентного излучения*

Достоинством применения такого прибора является возможность автоматизации процесса определения влажности снега при строительстве ВЗДиС.

Устройство представляет собой две пластины, на одной из пластин размещен источник монохромного когерентного излучения на другой пластине размещен фотодиод. Пластины расположены на рабочем органе термоувлажняющей строительно-дорожной машины и погружены в перемешанный измельченный снег. Влагомер регистрирует значение влажности снега в реальный момент времени, в случае несоответствия значения влажности снега необходимому для технологического процесса возведения дорожного полотна ВЗДиС, необходимо изменить влажность снега специализированной, строительной, термоувлажняющей машиной. Термоагрегат - машина для увлажнения снега представляющая собой устройство для подачи воды или пара, работающий в тандеме с перемешивающим устройством, изменяет параметры увлажняющего рабочего органа в сторону увеличения содержания жидкой водяной фазы в снеге[3]. Выполнения таких технологических операций возможно специализированными устройствами на базе

универсальных строительно-дорожных машин, современными комбинированными машинами, совмещающими технологические операции, либо комплексом строительно-дорожных машин для возведения ВЗДиС[8].

В результате технологического прохода комплекса строительно-дорожных машин целинный снег преобразуется в подготовленный строительный материал, представляющий собой измельченную и увлажненную снежную массу с требуемыми физико-механическими свойствами. Благодаря равномерному измельчению, перемешиванию ледяных кристаллов и наличию жидкой водяной фазы на границе зерен, после приложения внешней нагрузки, в снежной массе начнутся процессы конструктивного метаморфизма, позволяющие набрать максимальную прочность полотна снеговой дороги.

### Список литературы

1. Карнаухова Н.Н., Мерданов Ш.М., Оржаховский В.Г. Оптический влагомер снежной массы//Патент России № 2291414.2007. Бюл. № 1.
2. Мерданов Ш.М. Научные основы создания комплексов машин для строительства временных зимних дорог в районах Севера и Сибири. [Текст]: дис. ... докт. техн. наук: 05.05.04 / Ш.М. Мерданов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. - 327 с.
3. Мерданов Ш.М., Закирзаков Г.Г., Шитый В.П., Анфилофьев А.С. Устройство для уплотнения снега //Патент России №2373326.2009 Бюл. № 32
4. Мерданов Ш.М., Спиричев М.Ю., Шаруха А.В., Егоров А.Л. Технология строительства снеговых дорог // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5; URL: [www.science-education.ru/111-10427](http://www.science-education.ru/111-10427) .
5. Мерданов Ш.М., Шаруха А.В., Шитый В.П., Виноградов Е.И., Немирович Я.Е. Устройство для уплотнения снежного полотна//Патент России № 2495977.2013 Бюл. № 29.
6. Проектирование, строительство и содержание зимних автомобильных дорог на снежном и ледяном покрове в условиях Сибири и Северо-Востока СССР. – Омск, 1987. – С. 3-4.
7. Шаруха А.В. Обоснование параметров вибрационного рабочего органа снегобрикетировочной машины. [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / А.В. Шаруха. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. - 176 с.
8. Шитый В.П., Шаруха А.В., Мерданов Ш.М., Сысоев Ю.Г. Обоснование целесообразности создания машин совмещающих технологические операции при строительстве снеговых дорог // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3; URL: [www.science-education.ru/117-13713](http://www.science-education.ru/117-13713) (дата обращения: 25.12.2014).

9. Kawashima K., Endo T., Takeuchi Y. A portable calorimeter for measuring liquid-water content of wet snow/Editor: D.M. McClung//Papers from the International Symposium on Snow and Avalanches held at Chamonix Mont-Blanc, France, 26-30 May 1997, Annals of Glaciology Volume 26. P. 103-106

10. The International Classification for Seasonal Snow on the Ground : Published in 2009 by the International Hydrological Programme (IHP) of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)/ Prepared by the ICSI-UCCS-IACS Working Group on Snow Classification. – Paris 80с.

**Рецензенты:**

Захаров Н.С., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Сервис автомобилей и технологических машин», ФГБОУ ВПО «Тюменский Государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.

Тарасенко А.А., д.т.н., профессор, директор Регионального отделения Ассоциации инженерного образования России, ФГБОУ ВПО «Тюменский Государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.