УДК 504.064.2.001.18

**АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ ВЕТРОВОГО ПОТОКА ПРИ КОНТАКТЕ С ЛЕСНЫМИ НАСОЖДЕНИЯМИ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

**А.А. Егоркин**

кандидат технических наук, доцент,

старший научный сотрудник

Военная академия ракетных войск

стратегического назначения имени Петра Великого,

г. Балашиха

тел. 8(926) 300-06-04

e-mail: [egorkin1974@yandex.ru](mailto:egorkin1974@yandex.ru)

*В работе проведено моделирование распространения загрязняющих веществ от выбросов автотранспорта. Рассматривается влияние леса как подстилающей поверхности на профиль ветра. Экспериментальные данные свидетельствуют о значительном отклонении профиля ветра в пределах леса и в так называемом переходном слое над ним. Данное обстоятельство может серьезно нарушить реальную физическую картину, касающуюся распространения загрязняющих веществ. Для того чтобы свести к минимуму это влияние при моделировании необходимо подбирать подходы максимально подходящие и согласующиеся с экспериментальными данными, одним из которых является использование эмпирических выражений для профиля ветра в переходном слое над лесом.*

***Ключевые слова:*** *лес, профиль ветра, распространение загрязняющих веществ.*

Изучение действия ветра является важным фактором в экологическом моделировании. В динамических экологических моделях окружающей среды определение параметров нижнего граничного слоя ветра имеет большое значение, особенно в присутствии растительности. Наличие в подстилающей поверхности растительности в виде леса имеет важное значение для моделей любых масштабов. Это связанно с тем, что наличие леса от приземного слоя и заканчивая высотой крон деревьев влияет на воздушные потоки. В этом переходном слое между лесом и свободной атмосферой, профиль ветра отличается от стандартного логарифмического профиля. По этой причине, лес не следует рассматривать как пористый материал, зажатый между двумя воздушными слоями, что используется в настоящее время при моделировании.

В термически нейтральных условиях известный логарифмический закон зависимости скорости ветра от высоты над подстилающей поверхностью хорошо описывает состояние течения воздушных масс над однородной растительной поверхностью.

Согласно этому закону, скорость ветра численно равна нулю на отрезке между поверхностью земли и до крон деревьев, где происходит учет шероховатости поверхности. В литературных источниках описывается ряд численных моделей для расчета развития ветрового потока в пределах растительности [Cowan, 1968; Thom, 1971].

Определенный интерес представляет задача по моделированию препятствий в виде леса у придорожных территорий и их влияние на распространение примесей от автомобильного транспорта. В современных условиях такого рода задачи решаются с использованием пакетов вычислительной гидродинамики (CFD - пакеты). При таком моделировании необходимо максимально точно воссоздать граничные условия реально протекающих процессов. В связи с этим точная параметризация профиля ветра в пределах леса - это гораздо сложнее, чем описание низкорасположенной простой растительности из-за сложности в структуре дерева и наличия двух специфических слоёв таких как корона и стволы деревьев. Поглощение импульса ветра между вершиной кроны и нижними слоями леса составляет 70-90%, в зависимости от глубины и плотности кроны.

Для исследования с помощью CFD – пакета была создана вычислительная область длиной 1500 м, шириной 430 м, высотой 140 м в масштабе 1:150, состоящая из кубического пространства с расположенными в нем моделью преграды в виде леса, участка моделирующего выделения от автотранспорта в виде массового расхода 0,01 кг/с и еще одного препятствия, имитирующего дом. Выбросы, выделяемые с зоны шоссе принимались, постоянными.

Ветер на входе в расчетную область моделировался на основе классической логарифмической зависимости как профиль атмосферы. Профиль скорости через лес задавался с помощью специального эмпирического уравнения.

Многочисленные исследователи пытались количественно определить профили ветра в пределах лесных массивов, используя экспоненциальное отношение [Cionco, 1965; Landsberg and Jarvis, 1973; Uchijima and Wright, 1964].

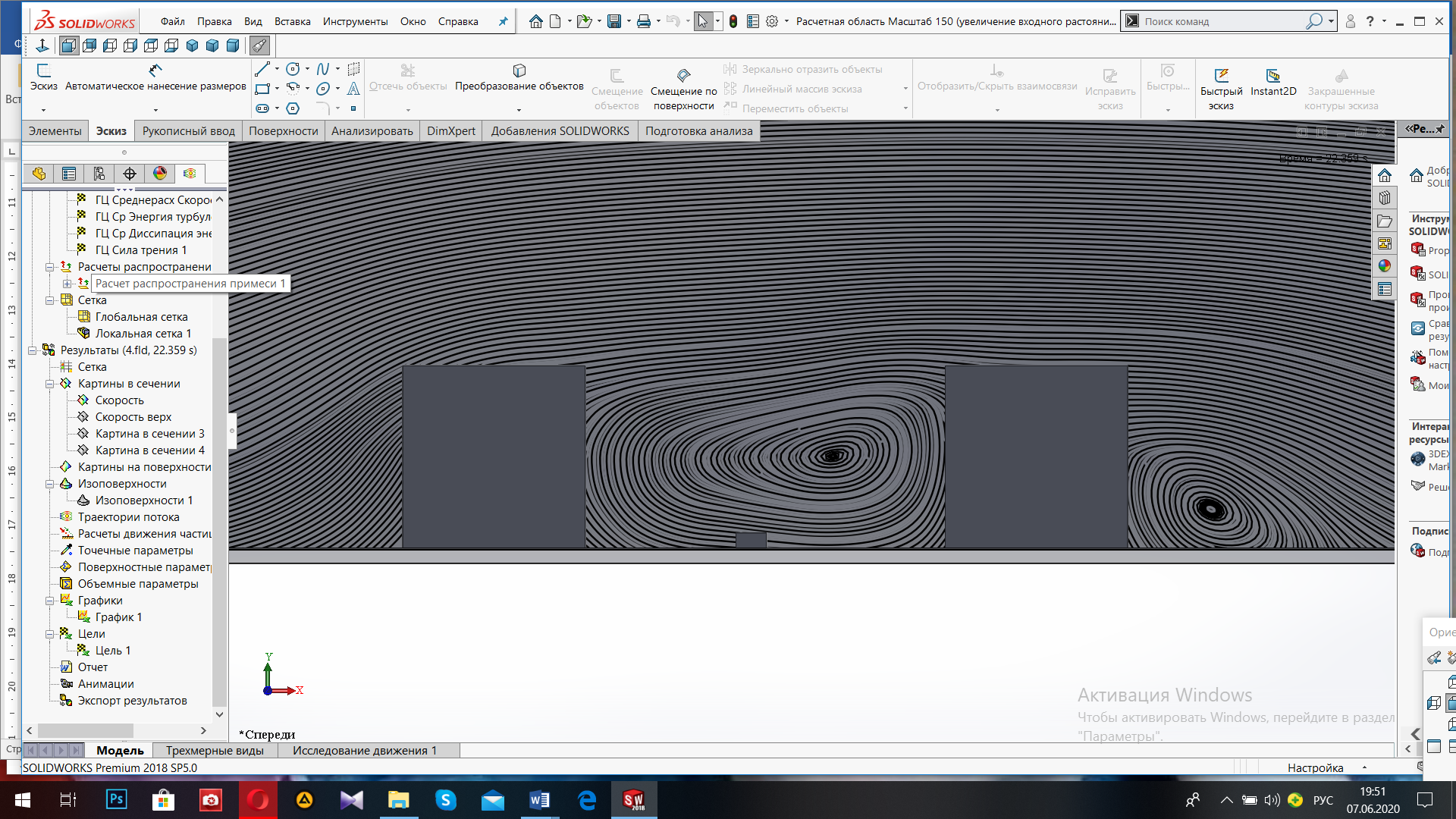
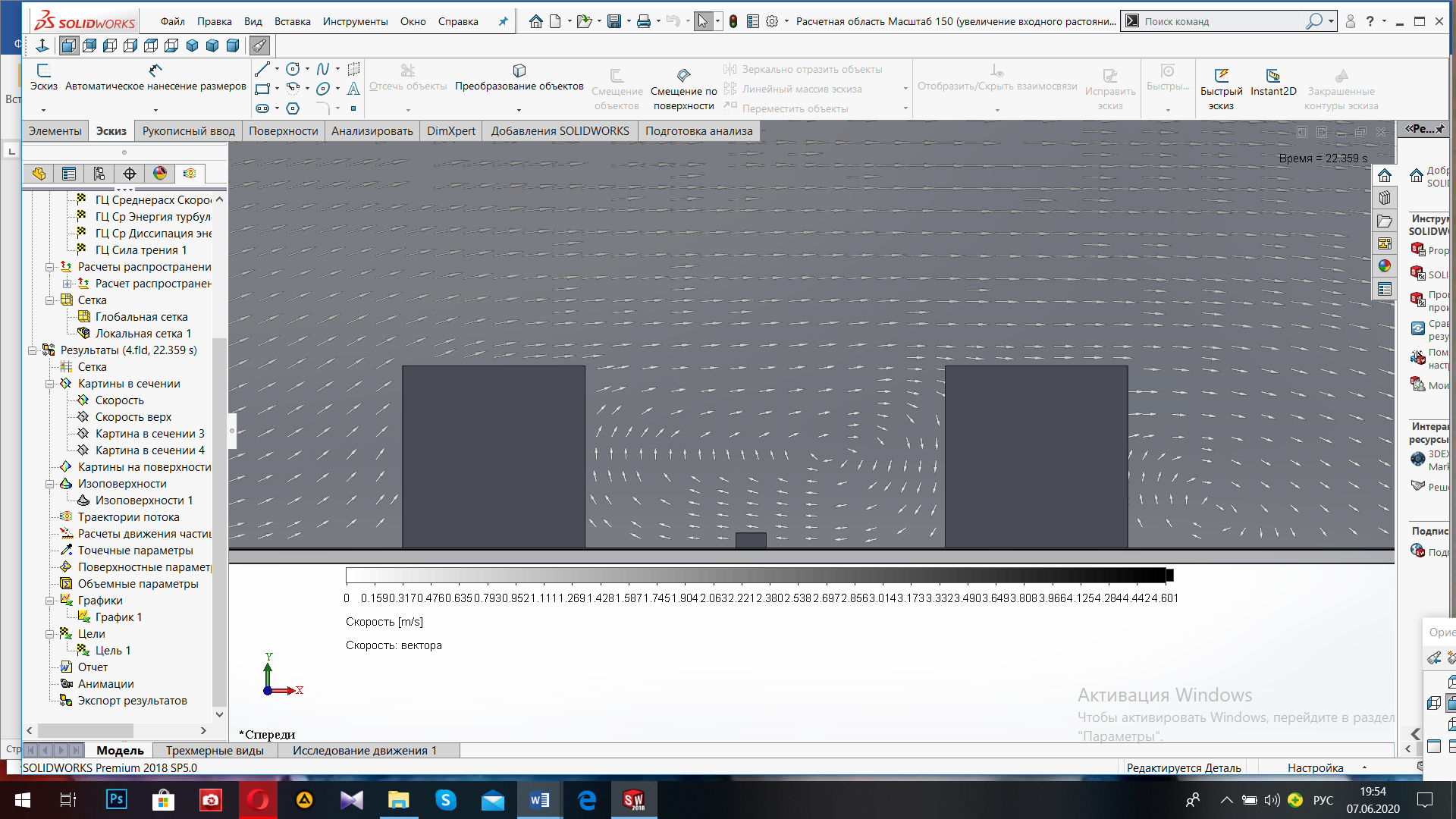
В данном исследовании была использована простая модель для определения скорости ветра на выходе из области лесных насаждений. Величина скорости ветра в массиве леса соответствует экспоненциальному затуханию с уменьшением ближе к земной поверхности и описывается уравнением:

u= uhexp(α(z/h-1)) (1),

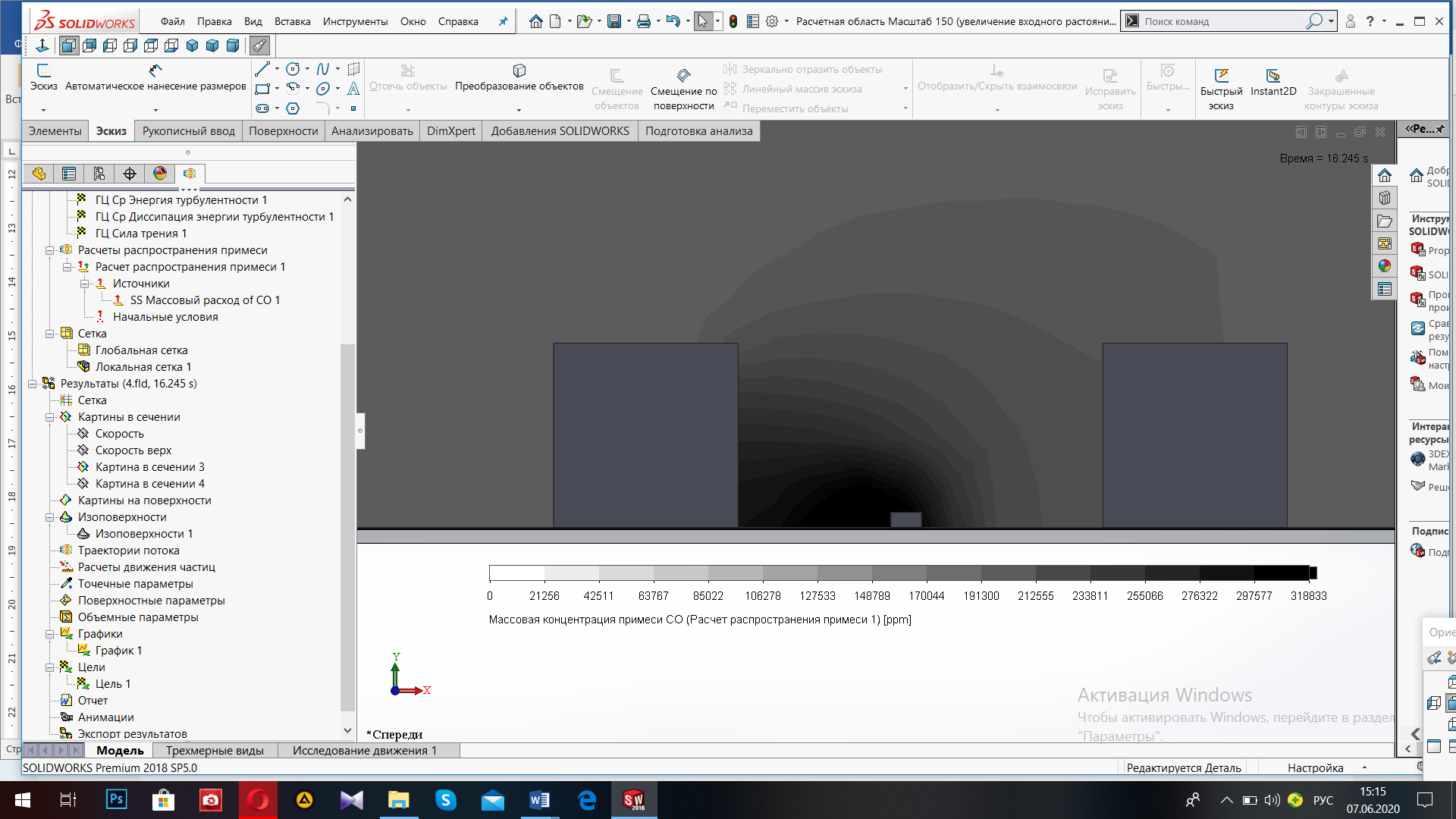
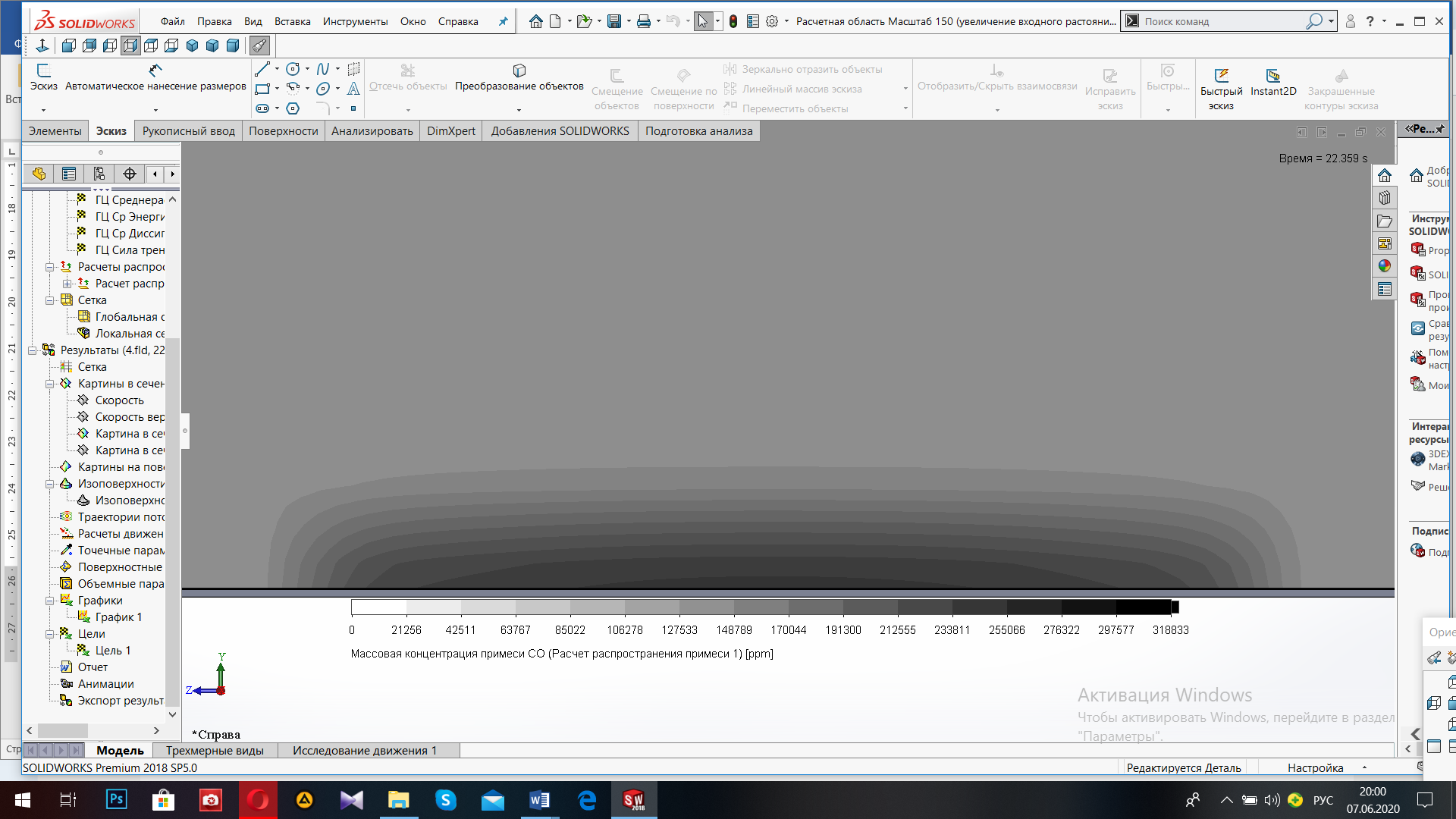
где u - усредненная скорость потока на выходе их лесного массива, z - высота препятствия, h - высота элементов шероховатости, uh - скорость на высоте z=h, α - коэффициент затухания.

Коэффициент затухания α зависит от плотности распределения элементов шероховатости и деталей распределения шероховатости на стенке препятствия. Заданный таким образом профиль скорости используется для моделирования эффективного сопротивления, оказываемого турбулентным потоком на поверхности, покрытой массивами элементов шероховатости прямоугольной призмы. Этот подход основан на интегральном методе фон Кармана-Полхаузена, в котором для профиля средней скорости принимается функция формы, а ее параметры определяются на основе сохранения импульса и других фундаментальных ограничений. В проводимом исследовании данный параметр выбирался соответственно данным литературным источникам где в качестве препятствия использовался лесной массив.

На рисунке 1 и 2 показано сравнение скоростей, концентраций и профилей линий потока ветра при условии моделирования с учетом скорости ветра, смоделированной выходящей из участка леса и без неё.

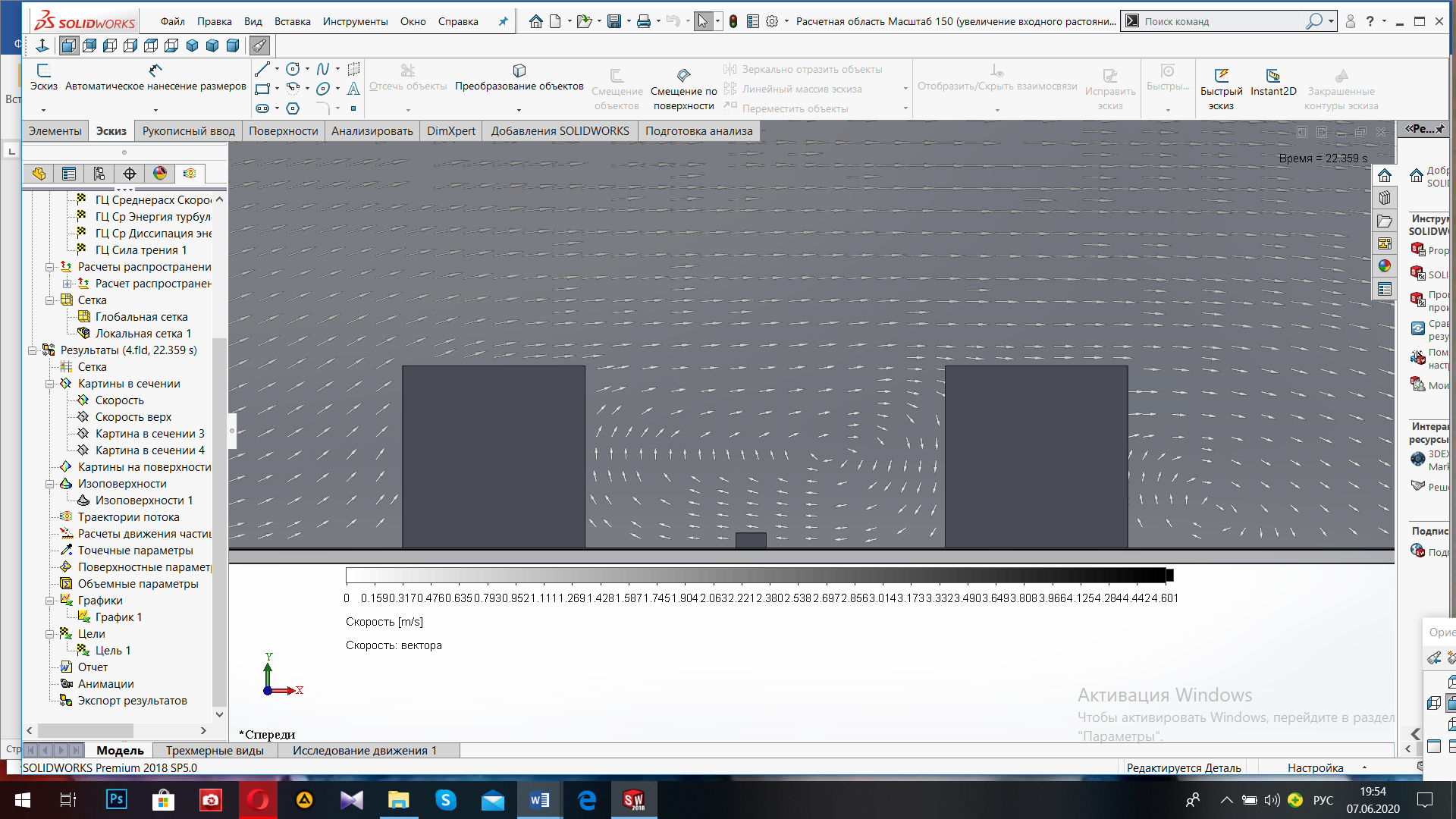
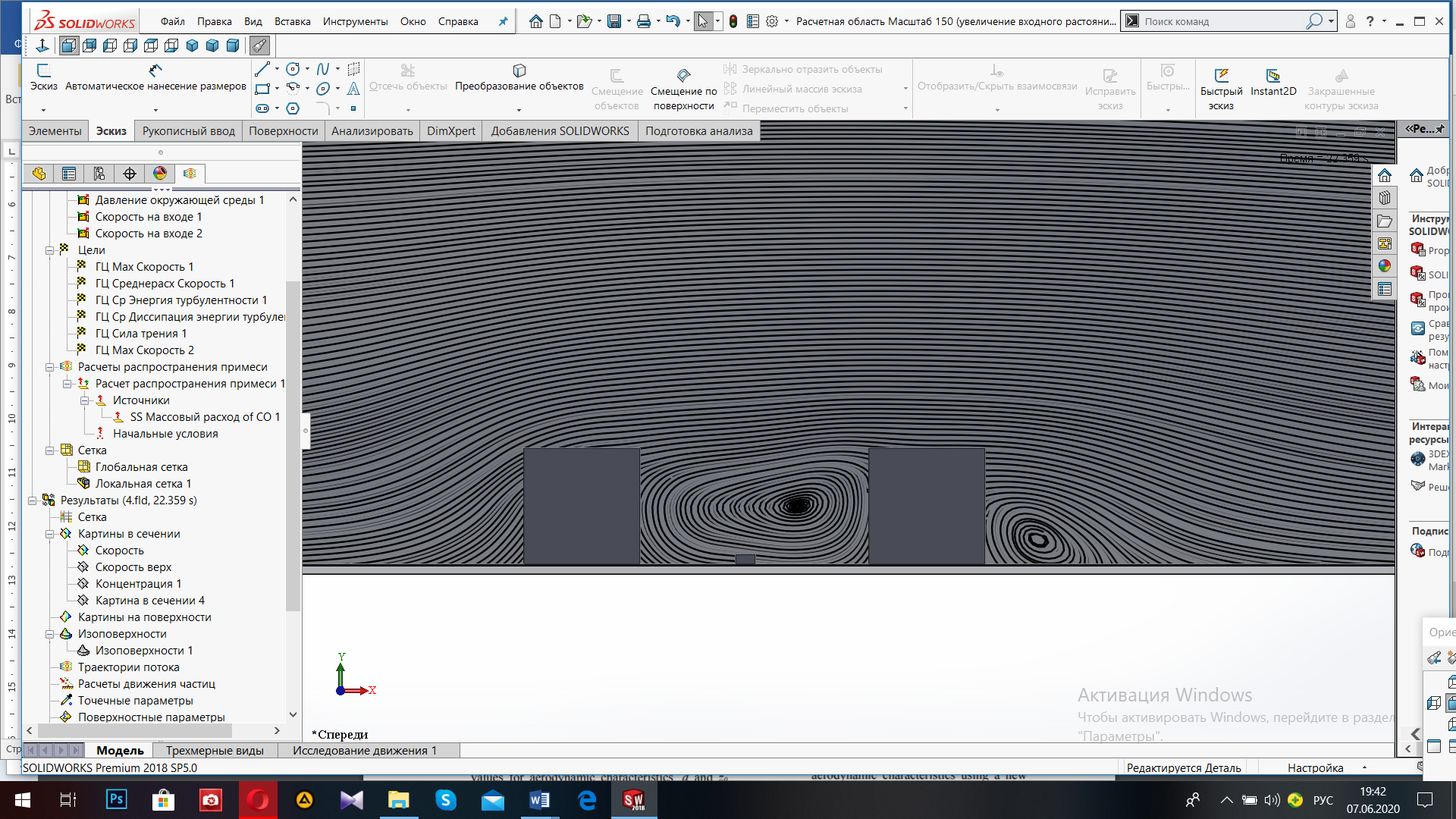
 

а) б)

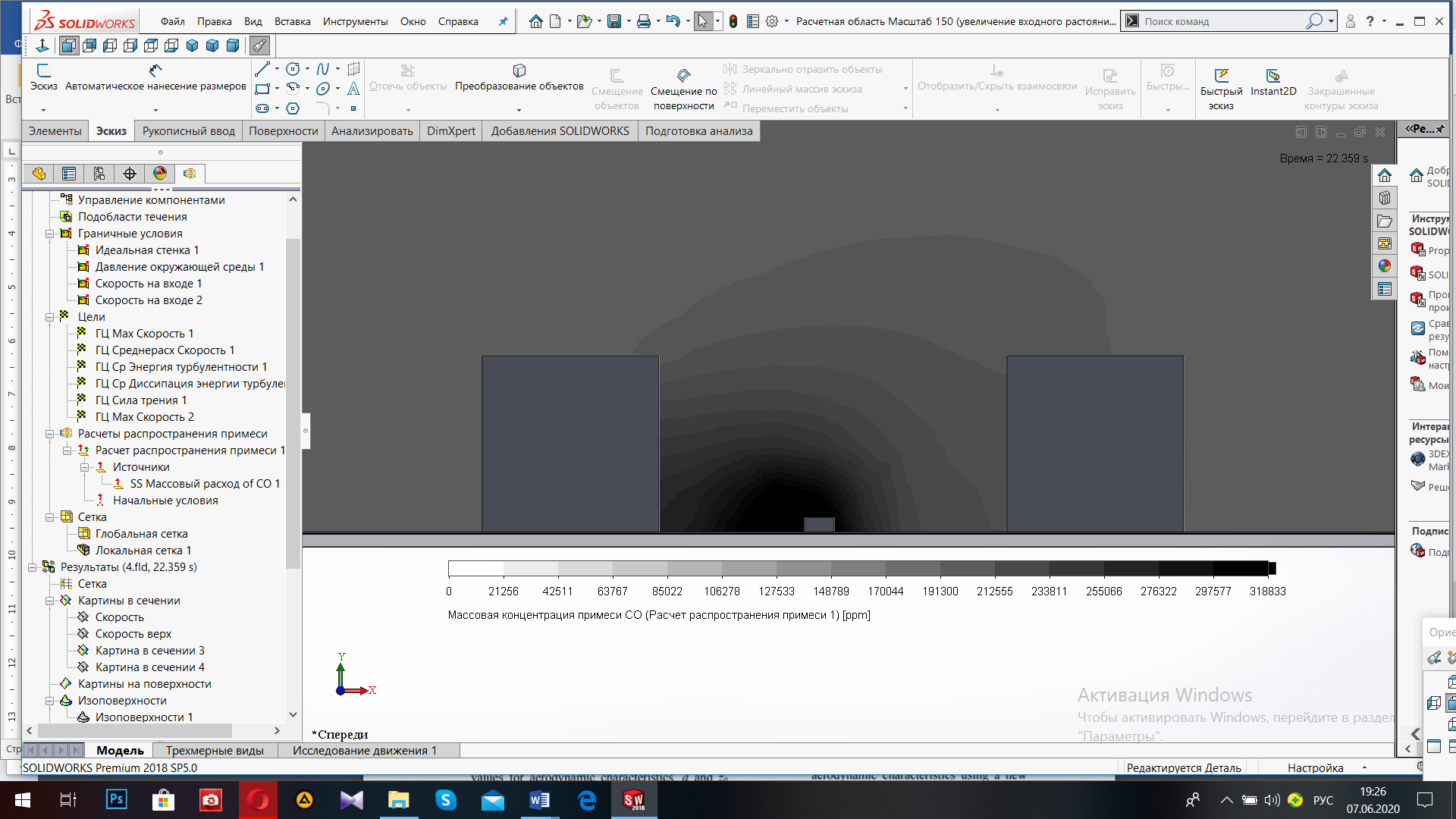
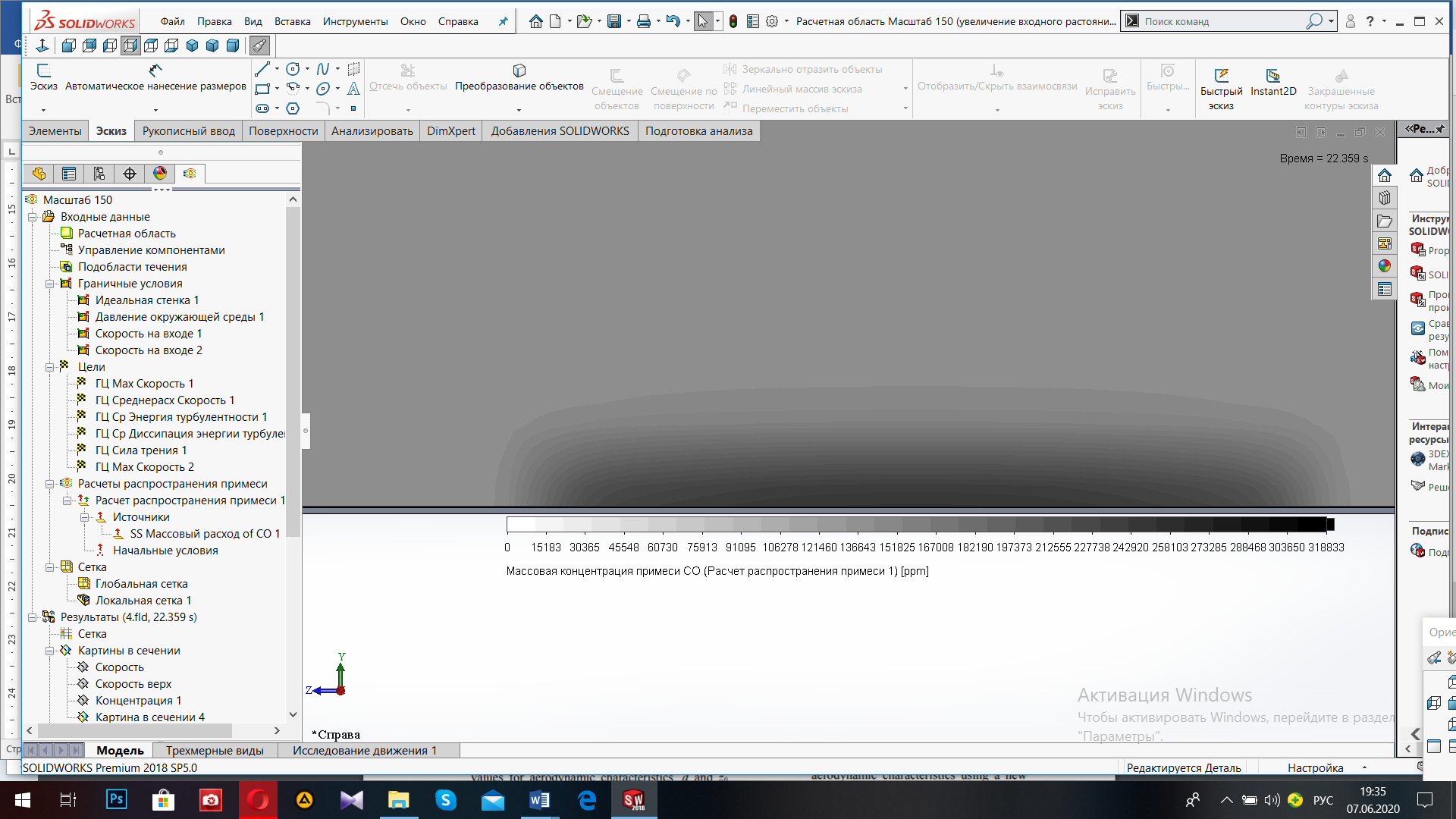
 

в) г)

Рис. 1. Профиль линий потока (а, б) и распределение концентраций (в, г) в случае отсутствия учета скорости ветра через лес



а) б)

в) г)

Рис. 1. Профиль линий потока (а, б) и распределение концентраций (в, г) в случае учета скорости ветра через лес

Из анализа профилей линий потока и распределения концентраций, представленных на рисунках видно влияние фактора скорости ветрового потока. В работе рассмотрена возможность использования совместно с численным CFD - методом исследования эмпирической зависимости, учитывающей влияние растительности на ветровой поток. Модель была оценена с данными экспериментальных полевых измерений, представленных в литературе [1-4]. Предложенный подход в целом хорошо согласуется с данными экспериментов.

Окружающая среда вблизи дорог как объект моделирования представляет достаточно сложный объект. В дальнейшем необходимо учитывать при моделировании все особенности для получения достоверных результатов моделирования. Реалистичные профили растительности, более точные метеорологические условия и более детализированная геометрия - это все области, которые могут нуждаться в более детальном моделировании, чтобы как можно точней представлять поле потока, которое в конечном счете приводит к адекватному описанию распространения загрязняющих веществ вдоль автомобильных трасс в городской среде. Наиболее важным, пожалуй, является необходимость улучшения моделирования скорости потока.

***Литература:***

1. Cowan, I.R., Mass, heat and momentum exchange between stands of plants and their atmospheric environment. Quart. J. Roy. Meteorol. Soc., 94, 523-544, 1968.

2. Cionco, R.M., A Mathematical Model for Air Flow in a Vegetative Canopy, Journal of Applied Meteorology, 4 (4), 517-522, 1965.

3. Cionco, R.M., Intensity of turbulence within canopies with simple and complex roughness elements, Boundary-Layer Meteorology, 2 (4), 453-465, 1972a.

4. Landsberg, J.J., and P.G. Jarvis, A Numerical Investigation of the Momentum Balance of a Spruce Forest, Journal of Applied Ecology, 10 (2), 645-655, 1973.

A. A. EGORKIN

**ANALYSIS OF THE DEPENDENCE OF WIND FLOW IN CONTACT WITH FOREST STANDS ON THE SPREAD OF POLLUTANTS**

*In this paper, the distribution of pollutants from vehicle emissions is modeled. The influence of the forest as the underlying surface on the wind profile is considered. Experimental data indicate a significant deviation of the wind profile within the forest and in the so-called transition layer above it. This can seriously disrupt the actual physical picture of the spread of pollutants. In order to minimize this impact, it is necessary to select approaches that are most suitable and consistent with the experimental data. One of them is the use of empirical expressions for the wind profile in the transition layer above the forest.*

***Keywords****: forest; profile of the wind; the spread of contaminants.*